

タイ王国
農業協同組合省
王立灌漑局

タイ国チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト
(航空レーザ測量調査業務)
(ファスト・トラック制度適用案件)

ファイナル・レポート

平成 24 年 8 月
(2012 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

株式会社パスコ
国際航業株式会社
アジア航測株式会社

環境
JR
12-118

タイ国チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト
(航空レーザ測量調査業務)
(ファスト・トラック制度適用案件)

ファイナル・レポート

2012年 8月

株 式 会 社 パ ス コ
国 際 航 業 株 式 会 社
ア ジ ア 航 測 株 式 会 社

通貨換金率

通貨単位：タイ バーツ (THB)

1 THB = 2.487 円 (2012年8月)

目 次

1. 業務の概要	1
1.1. 業務の目的	1
1.2. 業務対象地域	1
1.3. 業務内容・業務量	2
2. 業務の実施状況	4
2.1 業務実施の内容	4
2-1-1 インセプション・レポートの作成	4
2-1-2 インセプション・レポートの説明・協議	4
2-1-3 仕様協議	4
2-1-4 既存資料の収集・整理	6
2-1-5 ファイナル・レポートの作成	7
2-1-6 ファイナル・レポートの説明・協議	7
2-1-7 取得データの取り扱いについて	7
2.2 調査実施の詳細内容	8
2-2-1 計測計画	9
2-2-2 一次基準点網（GCP・MCP）及び調整用基準点測量	13
2-2-3 GPS基準局（GCP）の設置・観測	14
2-2-4 調整用基準点の設置・観測	16
2-2-5 調整用基準点の点検測量について	23
2-2-6 使用したGPS機材	24
2-2-7 計測（航空レーザ計測）	25
2-2-8 三次元計測データ作成	38
2-2-9 オリジナルデータ作成	54
2-2-10 グラウンドデータ作成	58
2-2-11 グリッドデータ作成	65
2-2-12 等高線データの作成	66
2-2-13 デジタル空中写真撮影	67
2-2-14 オルソフォトデータ作成	68
2-2-15 データ検証	69
2-2-16 地図情報有効利用協議・成果説明（技術移転）	80
2-2-17 成果取りまとめ（報告書の作成等含む）	81
2.3 作業工程計画・実施	83
2.4 要員実績	84
3. 結論	85

付録1 インセプション・レポート協議議事録

付録2 ファイナル・レポート協議議事録

付録3 航空レーザ測量による標高データ作成の作業規程及び同運用基準（案）

付録4 業務実施位置図

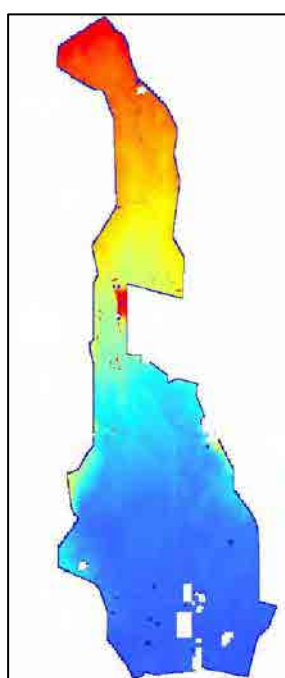
1. 業務の概要

1.1. 業務の目的

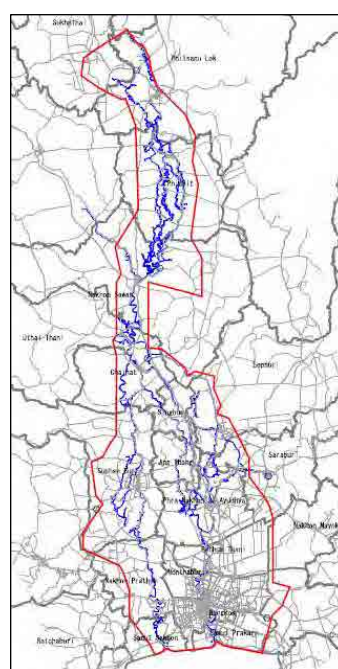
本業務は、2011年に発生した洪水災害地域において、氾濫を許容し、特に、農地への氾濫をコントロールすることを検討しなければならず、この可能性や計画を検討するためには氾濫域の詳細な地形データの活用が必要となる。しかしながら、現在利用できる地形図データは、標高差 2m の精度であり、平坦なチャオプラヤ川の中・下流域を検討するには不十分であることから、航空レーザ測量によって新たに詳細な地形データを作成したものである。

1.2. 業務対象地域

業務対象地域：チャオプラヤ川流域氾濫域 24,700km²



調査業務の場所



業務対象地域

相手国実施機関(カウンターパート)

農業協同組合省 王立灌漑局 (RID : Royal Irrigation Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives)



王立灌漑局入口



王立灌漑局技術オフィス棟

1.3. 業務内容・業務量

(1)業務内容・業務量

測量作業にあたっての技術的基準については、国土交通省「作業規程の準則」(平成20年3月31日国土交通省告示第413号)に準拠して実施することとした。

調査項目	数量	備考
①計測計画	24,700k m ²	スキャン密度 2.0m×2.0m 飛行コース間重複 30% 2月終了
②GPS 基準局の設置	11 点	2月設置終了、計測時に常時観測
③調整用基準点	989 点	公共用地に設置 3月設置終了 5月観測・計算終了
④航空レーザ計測	24,700k m ²	デジタルカメラが付属する航空レーザ計測システムを使用 2月フライト許可取得 5月全域の計測終了 (但し計測禁止エリアを除く)
⑤三次元データ作成	24,700k m ²	地上座標値 1cm 単位 3月から7月データ作成
⑥オリジナルデータ作成	24,700k m ²	規格 1cm 単位 4月から8月データ作成
⑦グラウンドデータ作成	24,700k m ²	4月から8月データ作成
⑧グリッドデータ作成	24,700k m ²	2m メッシュ 標高値 四捨五入し 0.1m 単位 5月から8月データ作成
⑨等高線データ作成	24,700k m ²	計曲線 5m (RID 協議にて 10m から変更) 主曲線 1m (RID 協議にて 2m から変更) 5月から8月データ作成
⑩デジタル空中写真撮影	24,700k m ²	航空レーザ計測システムに付属するデジタルカメラを使用 計測禁止区域を除き④と同時撮影
⑪オルソフォトデータ作成	24,700k m ²	地上解像度 50cm 4月から7月データ作成

(2)最終成果品

本業務にて作成・提出する報告書等の成果品を以下に示す。

成果品等	記載事項	部数	提出時期
①インセプション・レポート	業務の基本方針・方法・作業工程・要員計画等の業務実施計画等	英文 20部	2012年2月8日提出
②ファイナル・レポート	業務の全体成果・技術移転の成果	和文 10部 英文及びDVD 20部	2012年8月27日提出
③航空レーザ測量データ	数値データファイル ・オリジナルデータ ・グラウンドデータ ・グリッドデータ オルソフォトデータ 位置情報ファイル 等高線データ 水部ポリゴン 格納データリスト	24,700k m ² HDDに格納し納品	2012年8月24日提出
④撮影等実施位置図	地形図に撮影位置を記した図面	3部	2012年8月27日提出

2. 業務の実施状況

2.1 業務実施の内容

2-1-1 インセプション・レポートの作成

業務指示書および収集資料を検討して本業務実施のためのインセプション・レポートの作成を行い、貴機構への事前説明の結果を反映し取りまとめた。インセプション・レポートは日本語、英語にて準備した。同レポートには以下の内容を含めた。

- ・ 業務対象地域
- ・ 業務内容と業務量
- ・ 業務実施の基本方針
- ・ 業務実施の方法
- ・ 業務フローチャート
- ・ 作業工程計画
- ・ 要員計画
- ・ 機材調達計画
- ・ 業務実施体制

2-1-2 インセプション・レポートの説明・協議

カウンターパート機関である王立灌漑局（RID）および関係機関に対し 2012 年 2 月 8 日にインセプション・レポートを説明し、業務内容・実施方針等について協議を行い内容の承認を得た。説明・協議にあたっては、要約したパワーポイントファイルにてプレゼンテーションを実施した。

協議内容及び結果を議事録にまとめ双方にて署名を行った。（付録-1 参照）

2-1-3 仕様協議

王立灌漑局（RID）に加え、タイ国での測量作業の基準を規程する王立測量局（RTSD: Royal Thai Survey Department）を含め調査の内容と手法を説明し、本調査で新規作成する航空レーザ測量調査の測量基準、調査範囲、成果品の仕様を協議し承認を得た。

1) 測量の基準

測量の基準は、王立灌漑局（RID）および王立測量局（RTSD）と調査団との協議の結果、国内外の関係機関等とのデータ共有を容易にできるよう標準化に配慮し以下の通り決定した。

表 2.1.1 測量の基準

項目	本調査
投影法	UTM (Universal Transverse Mercator) Zone 47N
準拠楕円体	WGS84
測地系	WGS84 (ITRF2008)
高さの基準	Mean Sea Level (既存水準点による)

2) 調査対象範囲

各関係機関と調査団の協議および貴機構の承認を得て、以下の通り決定した。

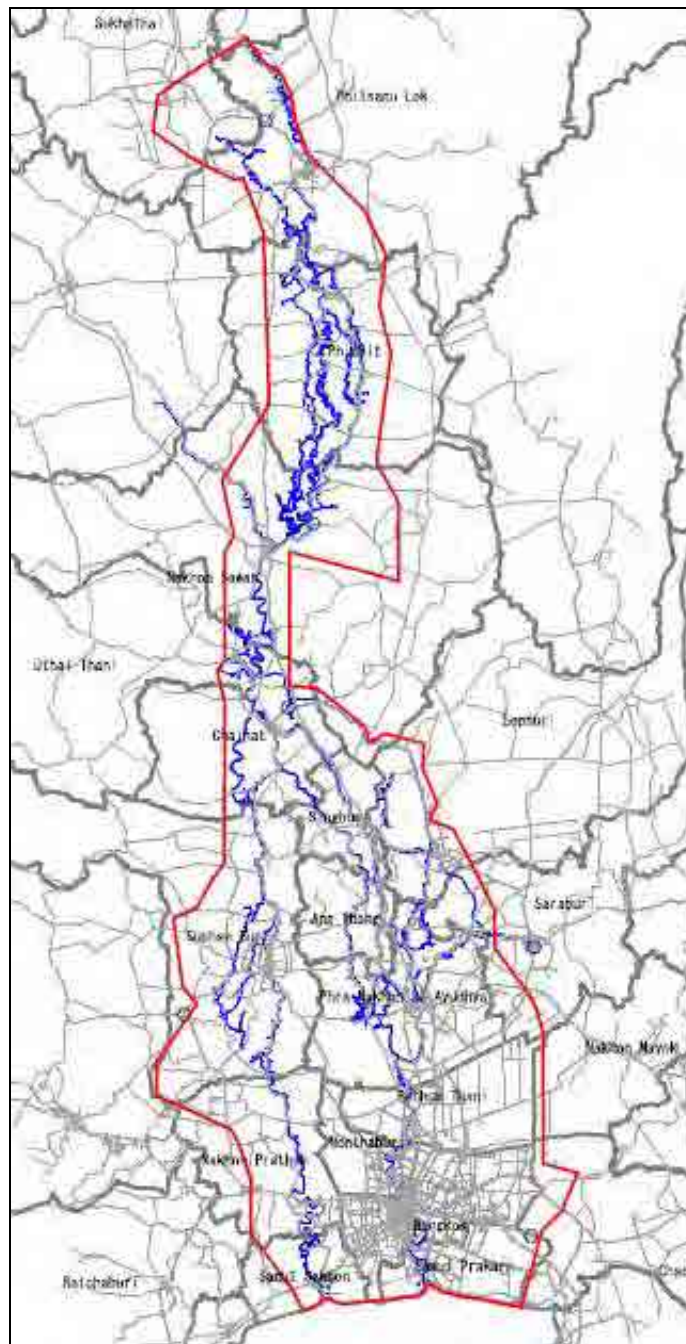


図 2.1.1 調査対象範囲

3) 仕様および成果品

本プロジェクトがタイ国において初めての航空レーザ測量調査であることから日本国の測量の作業規程（「国土交通省「作業規程の準則」）に準拠して進めるものとした。

また、成果品のデータ作成単位は土地管理局（DOL：Department of Land Development）が利用している東西 2km×南北 2km に全国を区切った図郭（1/4000 図郭）を用いて作成することとした。

2-1-4 既存資料の収集・整理

本プロジェクトに必要な既存資料を下記の通り収集整理した。

表 2.1.2 収集した既存資料一覧

番号 No.	資料の名称 Name of Documents	種類 Type	発行機関 Organization of Publication	発行年月 Published
1	1/5 万図（対象範囲をカバーする 96 面）（図面＋スキャンデータ）	測量成果	RTSD	図面による
2	1/5 万索引図（図面）	測量成果	RTSD	
3	1/25 万図（対象範囲をカバーする 10 面）（図面）	測量成果	RTSD	図面による
4	1/25 万索引図（図面）	測量成果	RTSD	2541(1998)7 月
5	基準点成果、点の記（対象範囲をカバーする基準点成果 15 点分）（紙＋スキャンデータ）	測量成果	RTSD	点による
6	基準点配点図（一級）HP 公開（スキャンデータ）	測量成果	RTSD	2550(2007)
7	基準点配点図（二級＋標高取り付け有の配点図）（スキャンデータ）	測量成果	RTSD	
8	水準点成果、点の記（調整用基準点の一次網に必要な 40 箇所付近の BM 成果 115 点分）（紙）	測量成果	RTSD	点による
9	同（ポイント Shape ファイル）	測量成果	RTSD	最新
10	水準路線網図（全国）（スキャンデータ）	測量成果	RTSD	2553(2010)前
11	水準路線網図（バンコク）（スキャンデータ）	測量成果	RTSD	2554(2011)
12	行政界データ（県、区）（ポリゴン Shape ファイル）	背景情報	RID	最新

2-1-5 ファイナル・レポートの作成

本業務の実施結果をまとめファイナル・レポートを作成し、貴機構への事前説明の結果を反映し取りまとめた。ファイナル・レポートは日本語、英語にて作成した。同レポートには以下の内容を含めた。

- ・ 業務対象地域
- ・ 業務内容と業務量
- ・ 業務実施の内容
- ・ 業務実施の方法
- ・ 業務フローチャート
- ・ 作業工程計画及び実績
- ・ 要員計画及び実績
- ・ 提案と結論

2-1-6 ファイナル・レポートの説明・協議

カウンターパート機関である王立灌漑局（RID）および関係機関に対しファイナル・レポートの説明を行い、業務内容・実施成果等について協議を行い内容の承認を得た。説明・協議にあたっては、要約したパワーポイントファイルにてプレゼンテーションを実施した。

協議内容及び結果を議事録にまとめ双方にて署名を行った。（付録-2 参照）

2-1-7 取得データの取り扱いについて

取得した計測データは、タイ国の国家安全保障に基づく情報漏えいを防ぐため、王立測量局（RTSD）の職員の管理下で作業を行うことが義務付けられている。カウンターパート内のプロジェクトオフィス、空港事務所、航空機、データ処理場所に王立測量局（RTSD）の職員がセキュリティオフィサーとして常時以下の 16 名が常駐した。

プロジェクトオフィス		2 名
空港事務所（4 機）		4 名
航空機（4 機）		4 名
データ処理場所		
日本	パスコ	1 名
	国際航業	1 名
	アジア航測	2 名
フィリピン	パスコ	2 名

また、データの受け渡しについても、セキュリティオフィサーによるハンドキャリーを行う必要があり、バンコクー日本(札幌、東京、沖縄)間を随時行った。

2.2 調査実施の詳細内容

本調査の作業工程の実施フローを下記に示す。

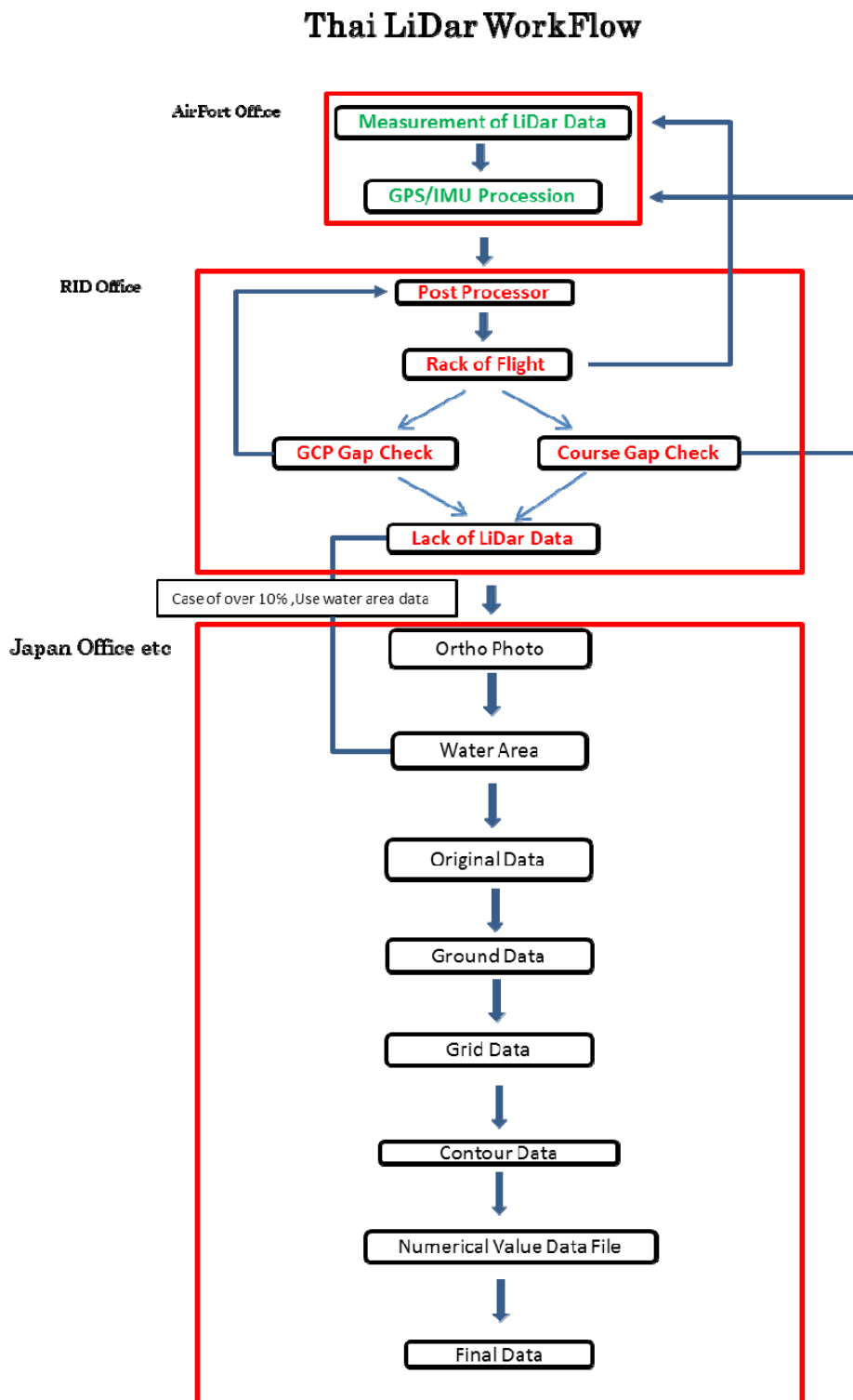


図 2. 2. 1 実施フロー

2-2-1 計測計画

計測計画は GPS 衛星配置等を考慮して、計測諸元、飛行コース、GPS 基準局の設置場所および GPS 観測について作成した。

スキャン密度は 2m×2m メッシュ以下の範囲に 1 点以上のレーザ点が照射される設定とし、飛行コース間重複（サイドラップ率）は 30%を標準とし計画した。拠点空港をドンムアン空港（南部）としピッサヌローク空港（北部）も活用した 2 拠点体制で計測を実施し天候および空域を考慮した計測を行う計画とした。

航空レーザ計測の飛行計画を以下に示す。飛行高度は原則として 2,785m（428 コース）としたが、雲による計測の遅延を避けるため、飛行高度を 500m（全 2,017 コース）と低く設定した計画も立案し悪天候時への対応とした。

表 2.2.1 飛行計画(対地高度 2,785m)

Flight Planning			
		Planning Date	2012.03.08 (Update)
Project Name	The study on a comprehensive flood management plan for the chao phraya river basin	Implementing Company	PASCO Europe
Flight Area	Project Area	Team Leader	Jyrki Inberg
Aircraft / System	OO-MAP / ALS 60 SN6125	Person in charge	Ari Jääskeläinen
Item	Value of Parameter Setting	Remarks	
Flight hight above the ground	2785 m		
Sea Level Altitude	2785 m		
Ground Spead	120kts		
Number of Flight Paths	364 course		
Side Lap	30%		
Pulse Rate	86.7kHz		
Scan Angle	20degree		
Number of Scans	29.4Hz		
Beam Diameter	0.63 m		
Pulse Mode	4		
Others	MpiA		
*Planning map of flight path shall be attached.			
*Locations of the GPS base stations,etc. shall be clealy marked on the planning map of flight path			

表 2.2.2 飛行計画(対地高度 500m)

Flight Planning			
		Planning Date	2012.03.08 (Update)
Project Name	The study on a comprehensive flood management plan for the chao phraya river basin	Implementing Company	PASCO Europe
Flight Area	Project Area	Team Leader	Jyrki Inberg
Aircraft / System	OO-MAP / ALS 60 SN6125	Person in charge	Ari Jääskeläinen
Item	Value of Parameter Setting	Remarks	
Flight hight above the ground	500m		
Sea Level Altitude	500m		
Ground Spead	150kts		
Number of Flight Paths	1904course		
Side Lap	30%		
Pulse Rate	148.9 kHz		
Scan Angle	20 degree		
Number of Scans	59.4 Hz		
Beam Diameter	0.12 m		
Pulse Mode	4		
Others	SpIA		
*Planning map of flight path shall be attached.			
*Locations of the GPS base stations,etc. shall be clealy marked on the planning map of flight path			

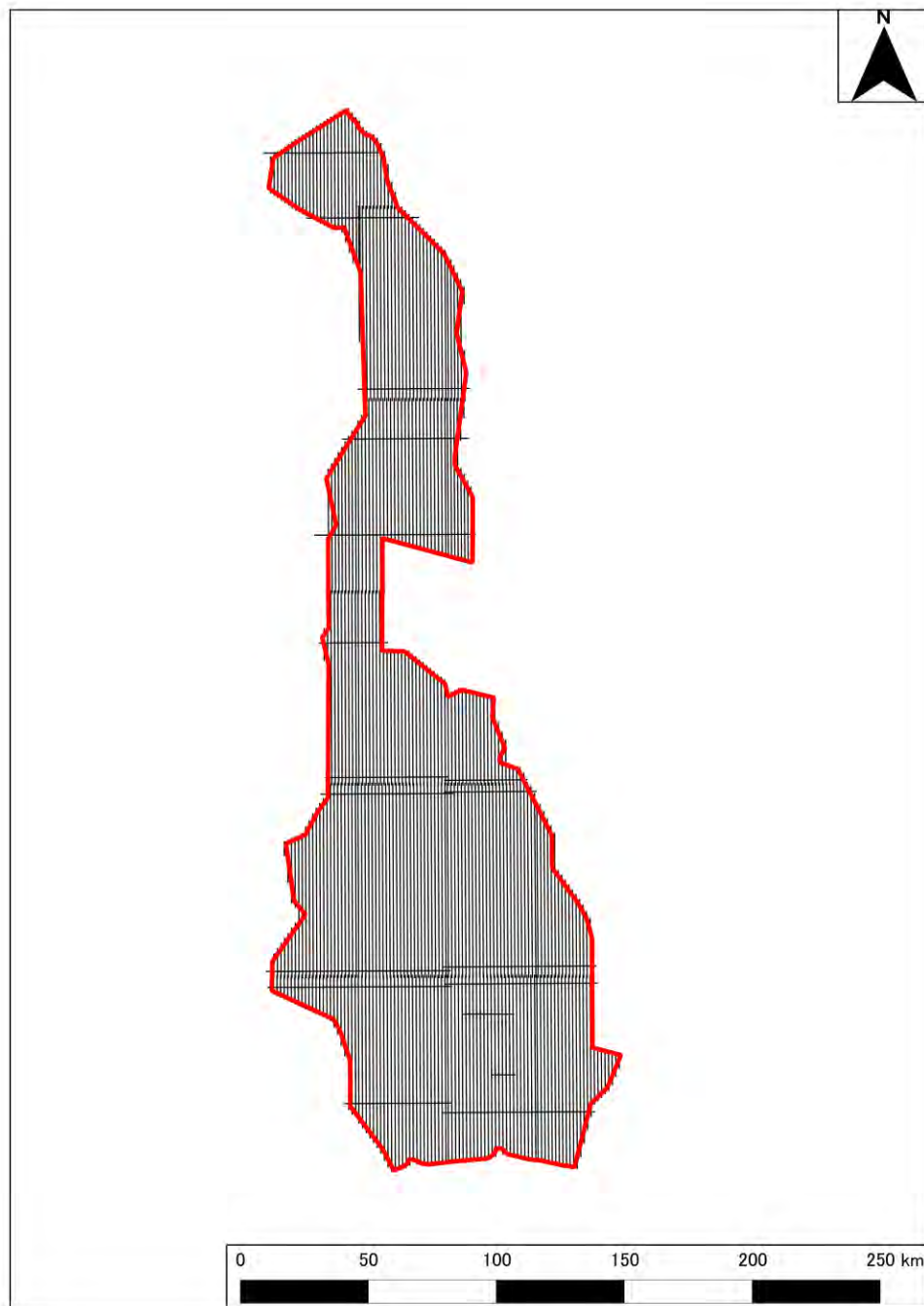


図 2.2.2 計測コース(対地高度 2,785m、428 コース)

GPS 基準局は、航空レーザ計測と同期して実施する GPS 観測の設置地点で、航空搭載の GPS データとあわせて基線解析を行うことで、航空機の正確な位置を算出する。計測対象地域をくまなくカバーするため、各点は 45km 程度の間隔をめどに配点した。

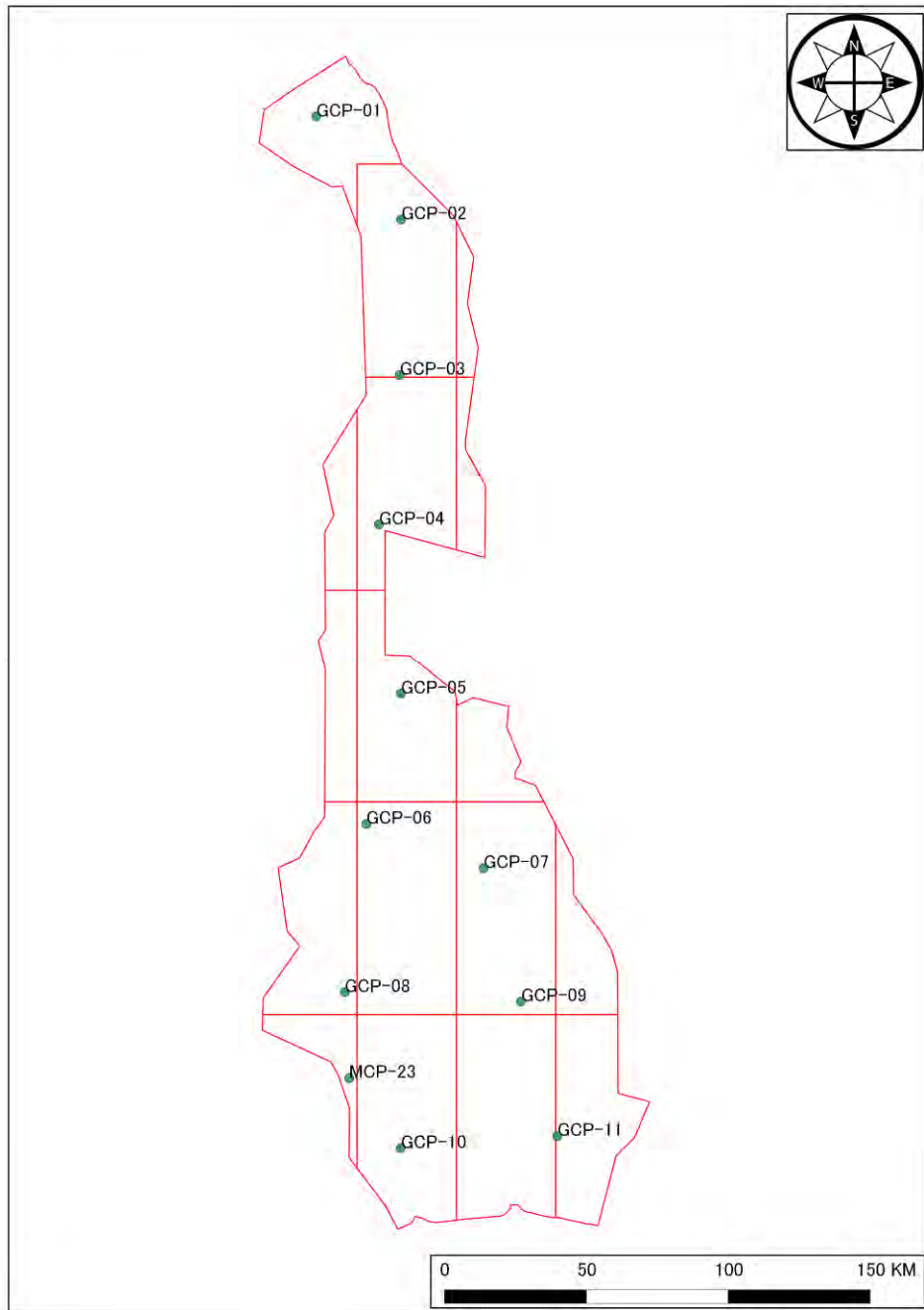


图 2.2.3 GPS 基准局配置图

ไฟไลท์許可は使用する機体、機材、計測計画、パイロット、ナビゲーターの情報を添えて
2月10日に申請を行い、2月24日に許可を得た。

ด่วนมาก
ที่ ศค ๑๕๐๘/๑๓๑๓
ถึง บริษัท ไร้อากาศเอเชีย จำกัด



ตามที่หนังสือบริษัท ฯ ที่ FSWLO 550223-2 ลงวันที่ ๒๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๘ ขออนุญาตใช้
อากาศยานแบบ Piper PA31-350 เครื่องยนต์สี่สูบเครื่องยนต์สองใบพัด HS-FSI ทำการบินสำรวจทางอากาศให้กับ
กรมชลประทานโดยได้รับความช่วยเหลือจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศของประเทศไทย (ITCA) ณ
บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำป่าสัก และพื้นที่ตามจังหวัดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง นับแต่วันที่ ๒๒
กุมภาพันธ์ ๒๕๕๘ ถึงวันที่ ๑๓ สิงหาคม ๒๕๕๘ ความละเอียดแจ้งแล้ว นั้น


กรมการบินพลเรือนอาศัยอำนาจตามเงื่อนไขประกอบใบอนุญาตให้ประกอบกิจการค้าขายใน
การเดินอากาศของ บริษัท ฯ ข้อ ๒ (๑) พิจารณาแล้ว อนุญาตให้บริษัท ฯ ทำการบินสำรวจที่เสนอขอ ได้อย่าง
ถูกต้องตามที่ขออนุญาตให้ประกอบกิจการค้าขายในการเดินอากาศและเงื่อนไข ในรับรองผู้ดำเนินการเดินอากาศ
(Air Operator Certificate) และข้อกำหนดการปฏิบัติการ (Operations Specifications) อย่างเคร่งครัด

จึงเรียนมาเพื่อทราบ



สำนักกำกับกิจการขนส่งทางอากาศ
โทร. ๐๒ ๒๕๖๖ ๕๕๕๖
โทรสาร ๐๒ ๒๕๖๗ ๓๑๓๓
เว็บไซต์อิเล็กทรอนิกส์ atreg@aviation.go.th

ด่วนที่สุด
ที่ ศค ๑๕๐๘/๑๓๑๓
ถึง สำนักสำรวจดินวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน




ตามที่กรมชลประทานได้มีหนังสือที่ ศค ๑๕๐๘/๑๓๑๓ ลงวันที่ ๑๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๘
แจ้งขออนุญาตให้อากาศยานต่างประเภทรวม ๕ ลำ ทำการบินสำรวจในราชอาณาจักรและทำการบินสำรวจ
ทางอากาศในดินวันที่ ๒๓ กุมภาพันธ์ ถึงเดือนสิงหาคม ๒๕๕๘ ความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

กรมการบินพลเรือนพิจารณาแล้วอนุญาตให้อากาศยานต่างประเภทรวม ๕ ลำ ทำการบินสำรวจ
ในราชอาณาจักรในระหว่างวันที่ ๒๓ กุมภาพันธ์ - วันที่ ๓ มีนาคม ๒๕๕๘ และทำการบินสำรวจทางอากาศ
พื้นดินเดือนมีนาคม ถึงเดือนสิงหาคม ๒๕๕๘ บริเวณจังหวัดลพบุรี อุทัยธานี พิษณุโลก สุพรรณบุรี
อ่างทอง สุพรรณบุรี สิงห์บุรี สุพรรณบุรี นครสวรรค์ นนทบุรี สุพรรณบุรี สุพรรณบุรี และ
กรุงเทพมหานคร โดยให้ปฏิบัติตามเงื่อนไข ที่อากาศยานต้องมีอยู่/ผู้ดำเนินการเดินอากาศ ดังนี้

๑. บริษัท FM-INTERNATIONAL OY ประเทศฟินแลนด์ อากาศยานแบบ PIPER
เครื่องหมายเลข CH-PAK02 เป็นอากาศยานสำรวจทางอากาศแบบที่ใช้ปฏิบัติงานซึ่งยังไม่สามารถทำการบินได้
๒. บริษัท AERODATA INTERNATIONAL SURVEYS S.V.B.A. ประเทศเบลเยียม
อากาศยานแบบ CESSNA 404 เครื่องหมายเลข CO-MAP ทำการบินสำรวจในราชอาณาจักรในวันที่ ๕ มีนาคม
๒๕๕๘ เส้นทาง ANTWERP-กรุงโรม(เที่ยว มุมไป)-ลอนดอน
๓. บริษัท FUGRO SPATIAL SOLUTIONS PTY LTD ประเทศออสเตรเลีย อากาศยาน
แบบ CESSNA 404 เครื่องหมายเลข VH-AZU และเครื่องหมายเลข VH-WGS ทำการบินสำรวจในราชอาณาจักร
วันที่ ๒๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๘ เส้นทาง ลีร์ด-ฮิลล์เบิร์ก-คองคอร์ด

ทั้งนี้เมื่อมีเงื่อนไขให้บริษัทการบินสำรวจข้างต้นปฏิบัติตามเงื่อนไขการปฏิบัติงานอันได้
จากกรมการบินพลเรือนกำหนดแล้วเสร็จ (พร้อมข้อเท็จจริง)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ



สำนักกำกับกิจการขนส่งทางอากาศ
โทร. ๐๒๒๕๖ ๕๕๕๖
โทรสาร ๐-๒๕๖๗ ๓๑๓๓
เว็บไซต์อิเล็กทรอนิกส์ atreg@aviation.go.th

2-2-2 一次基準点網(GCP・MCP)及び調整用基準点測量

本プロジェクトにおける調整用基準点測量の作業フローを次に示す。

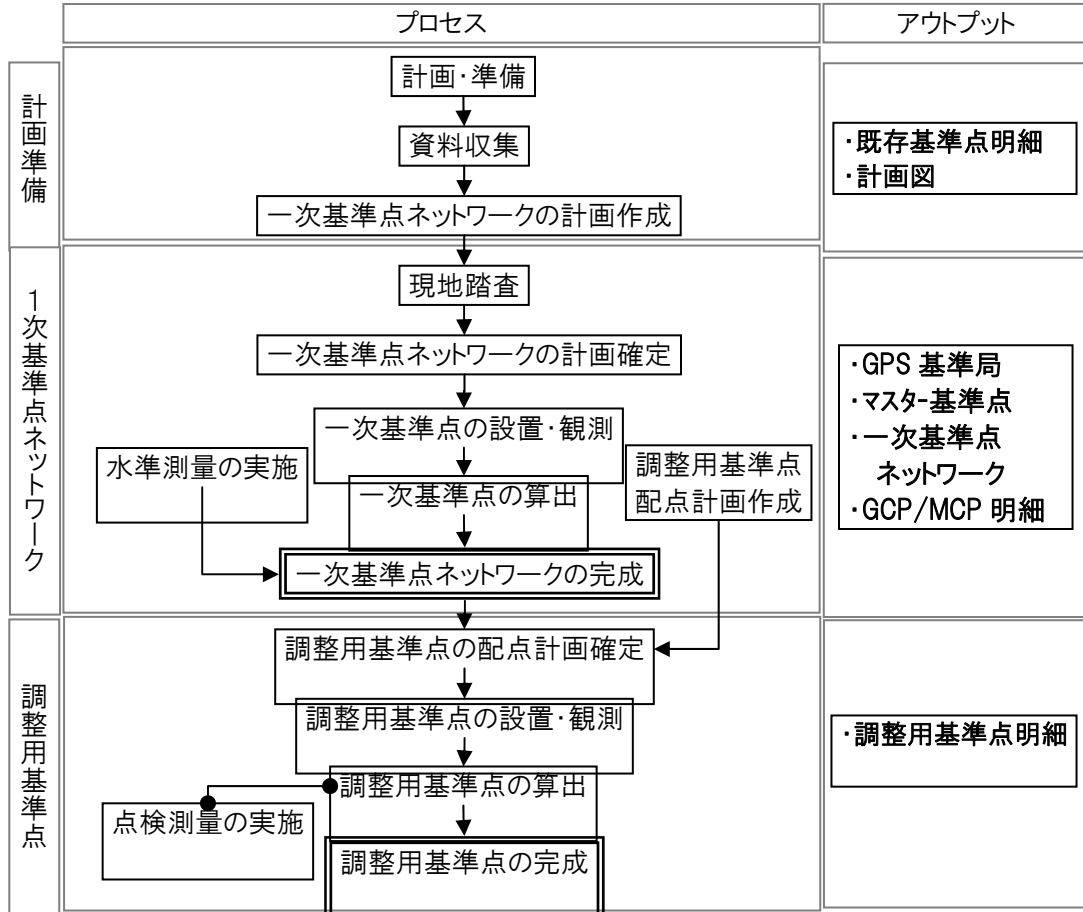
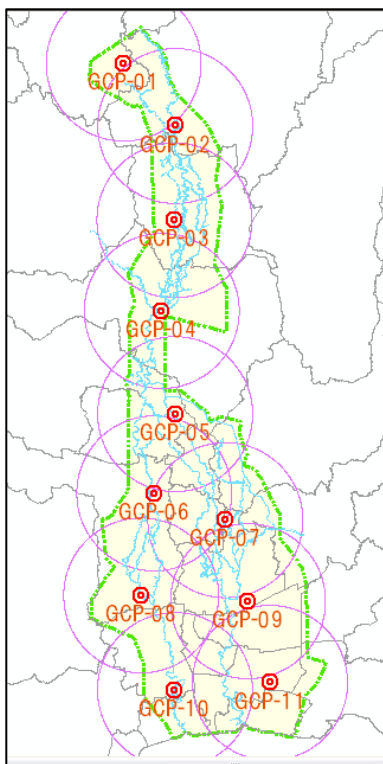


図 2.2.4 作業フロー

2-2-3 GPS基準局(GCP)の設置・観測

レーザ測距装置の位置をキネマティック GPS 測量で求めるためには、航空機がフライトしている際に地上にて GPS 基準局を設置する必要がある。南北に 400km 以上にも及ぶ縦長の調査範囲であることから半径 45km の円でカバーする GPS 基準局 (GCP) を 11 点設置するものとした。GPS 基準局 (GCP) での GPS 観測は、航空レーザ計測のフライト時間を網羅するように取得するものとし、GPS 基準局 (GCP) および航空機上の GPS 観測のデータ取得は共に 1 秒間隔とした。データ取得時の GPS 衛星の数は 5 個以上を確保するように実施した。



Description of GPS Base-Station			
Point Name	GCP-09	Location	Shanxi, Japan
Date of Observation	1 March 2018	Person in Charge	Shinichi Ando/Naoki
Address	Tokuwaka 2-2-14, Tokuwaka, Shimane Prefecture		
Coordinate System	UTM, 47N, (WGS 1984)		
Coordinate (m)	E	975,474.543	MSL Height (m)
	N	1,566,812.223	Ellipsoid Height (m)
Coordinate	Lat	37° 01' 09.0082" N	
	Lon	139° 37' 33.6719" E	
Type of GPS Receiver	Sony AT500	Analysis Software	TRIPLOG
Rate of Observation	1/1 Second	Positive angle of elevation	More than 15 degree
Instrument height	1.86m	Duration	2 hr 7 min
Horizontal Location		Photo of Observation	
EPN = 29.23 m RMSE = 32.41 m RMSE = 30.59 m			

GPS 基準局 (GCP) 明細表



観測風景



GPS 基準局 (GCP)

図 2.2.5 GPS 基準局 (GCP) 配点図

航空レーザ計測と同期して、あらかじめ設置した地上基準点での GPS 観測を実施した。観測間隔は 1 秒間、観測の際の仰角マスクは 15 度に設定した。



図 2.2.6 地上 GPS 観測の実施風景 (3 月 20 日、GCP-03)

Date	GCP01	GCP02	GCP03	GCP04	GCP05	GCP06	GCP07	GCP08	GCP09	GCP10	GCP11	MCP23
2012/2/25					1.239	1.221						
2012/2/26					1.212	1.165						
2012/2/27	1.519 T	1.476 T	1.390 T	1.432 T	1.212	1.208						
2012/2/28	1.402 T	1.539 T	1.484 T	1.442 T	1.267	1.191						
2012/2/29	1.423 T	1.547 T	1.490 T	1.440 T	1.114	1.217						
2012/3/1	1.397 T	1.540 T	1.472 T	1.430 T	1.156	1.175						
2012/3/2	1.398 T	1.522 T	1.551 T	1.485 T	1.173	1.150						
2012/3/3												
2012/3/4	1.397 T	1.505 T	1.500 T	1.448 T	1.196	1.208						
2012/3/5	1.452 T	1.574 T	1.508 T	1.495 T	1.210	1.185						
2012/3/6	1.438 T	1.573 T	1.455 T	1.499 T	1.189	1.220						
2012/3/7	1.435 T	1.523 T	1.518 T	1.545 T	1.154	1.209						
2012/3/8	1.482 T	1.586 T	1.505 T	1.510 T	1.192	1.215						
2012/3/9	1.457 T	1.559 T	1.475 T	1.504 T	1.199	1.224						
2012/3/10	1.436 T			1.467 T								
2012/3/11	1.408 T	1.529 T	1.440 T	1.516 T	1.245	1.223						
2012/3/12	1.436 T	1.543 T	1.474 T	1.510 T	1.186	1.252						
2012/3/13	1.424 T	1.564 T	1.520 T	1.506 T	1.187	1.234						
2012/3/14	1.413 T	1.513 T	1.481 T	1.509 T	1.191	1.220						
2012/3/15	1.350 T	1.591 T	1.520 T	1.522 T	1.141	1.251						
2012/3/16	1.548 T	1.545 T	1.478 T	1.478 T	1.506 T	1.241						
2012/3/17	1.574 T	1.458 T	1.495 T	1.495 T	1.644 T	1.232						
2012/3/18	1.562 T	1.485 T	1.483 T	1.556 T	1.236	1.227						
2012/3/19	1.602 T	1.471 T	1.533 T	1.568 T	1.317	1.267						
2012/3/20	1.632 T	1.465 T	1.516 T	1.546 T	1.197	1.242						
2012/3/21	1.572 T	1.445 T	1.528 T	1.552 T	1.576 T	1.243						
2012/3/22		1.470 T	1.529 T	1.517 T	1.277	1.242						
2012/3/23				1.543 T	1.555	1.197						
2012/3/24				standby	standby	1.426						
2012/3/25				1.561	1.284	1.225						
2012/3/26				1.541 T	1.284	1.232						
2012/3/27				1.575 T	1.293	1.251						
2012/3/28				1.591 T	1.245	1.236						
2012/3/29				1.522 T	1.255	1.207						
2012/3/30												
2012/3/31												
2012/4/1												
2012/4/2												
2012/4/3	1.456 T					1.232				1.222	1.308	
2012/4/4	1.529 T					1.265				1.195		
2012/4/5	1.486 T					1.313				1.245		
2012/4/6	1.471 T					1.302				1.239		
2012/4/7	1.501 T					1.575				1.244		
2012/4/8	1.508 T					1.262				1.200		
2012/4/9	1.511 T					1.315				1.212		
2012/4/10	1.518 T			1.529 T		1.312				1.120		
2012/4/11	1.522 T			1.493 T		1.307				1.233		
2012/4/12	1.526 T			1.534 T		1.303				1.234		
2012/4/13	1.548 T			1.532 T		1.300				1.227		
2012/4/14												
2012/4/15												
2012/4/16	1.483 T			1.525 T		1.303				1.147		
2012/4/17	1.528 T			1.527 T		1.274				1.303		
2012/4/18	1.546 T			1.539 T		1.322				1.220		
2012/4/19												
2012/4/20												
2012/4/21												
2012/4/22												
2012/4/23												
2012/4/24												
2012/4/25												
2012/4/26												
2012/4/27												
2012/4/28												
2012/4/29												
2012/4/30												

図 2.2.7 地上 GPS 観測の実施状況

2-2-4 調整用基準点の設置・観測

航空レーザ測量では現地の正確な高さ情報との確認が重要となることから日本の測量作業規程に従い、25km² (5km×5km) 当りに 1 点の調整用基準点 (FCP) 989 点を計画した。

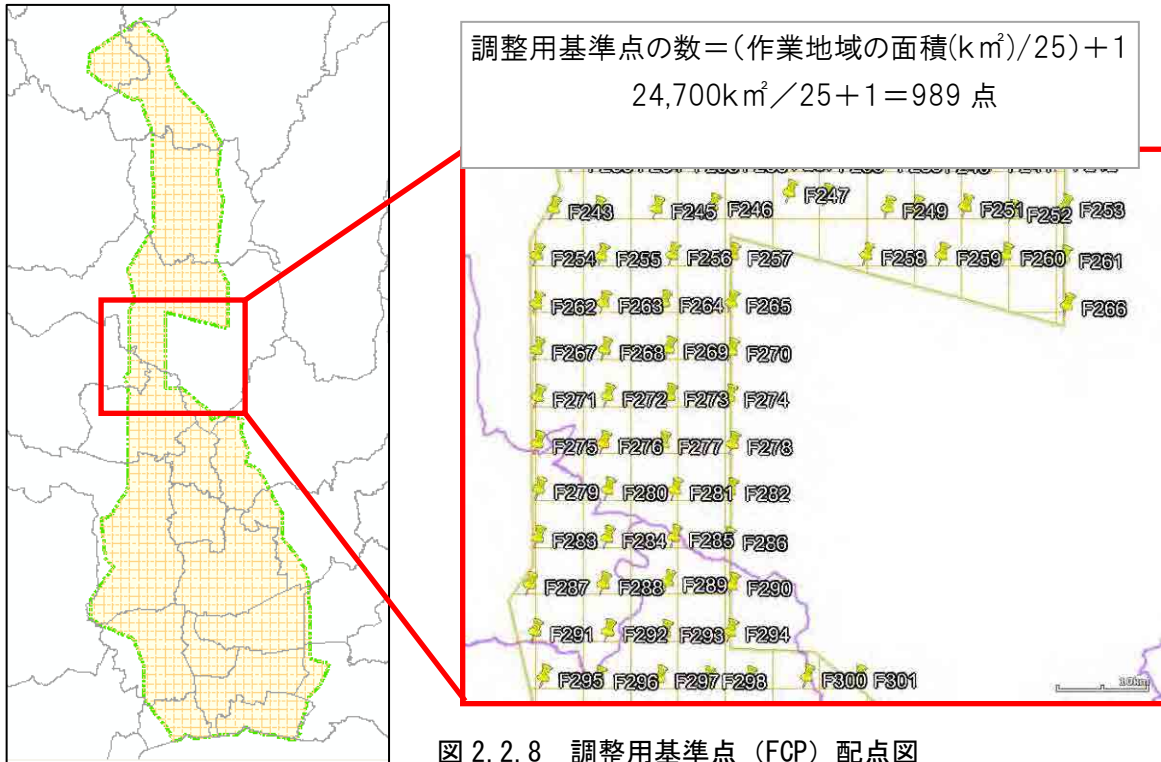


図 2.2.8 調整用基準点 (FCP) 配点図

調整用基準点の測量及び精度の基準は日本の測量作業規程に従い、測量座標の基準は王立測量局 (RTSD) の既存成果に基づき作業を行うものとした。

王立測量局 (RTSD) では、基準点及び水準点 (BM) を保有している。しかし、今回のような広い範囲では基準点及び水準点のみでは 25km² 当たりの調整用基準点 (FCP) を直接観測できないことから、基線長約 30km 程度のプロジェクト用一次基準点ネットワークを組むこととした。

一次基準点ネットワークは前述の航空レーザ計測用の GPS 基準局 (GCP) 11 点、調整用基準点の計算の元となるマスター基準点 (MCP) 34 点の新点 45 点を設置することとした。観測はスタティック GPS 手法で 2 時間以上の観測を実施した。

また基準となる既存成果は、王立測量局（RTSD）の基準点を 7 点（3001, 3009, 3166, 3197, 3539, 3540, 3661）、GPS 基準局（GCP）とマスター基準点（MCP）の近傍にある王立測量局（RTSD）の水準点（BM）20 点から直接水準測量を 82.1km 行い標高の取り付けを行うこととした。

これらの既存成果と GPS 観測結果を用いて一次基準点ネットワークの計算を行い、新点 45 点の成果を算出した。

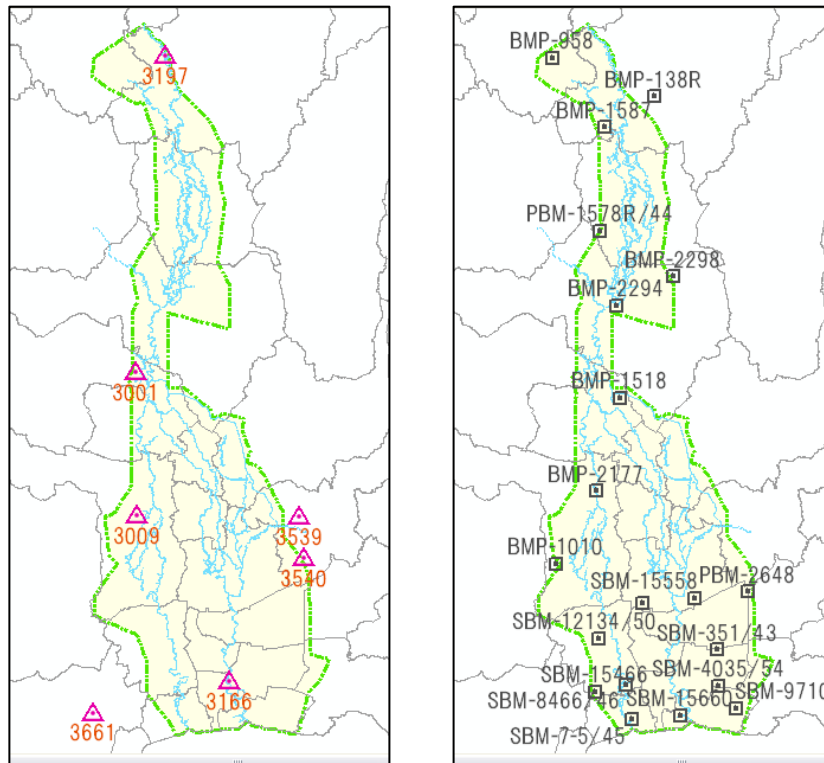


図 2.2.11

利用した既存基準点

利用した既存水準点

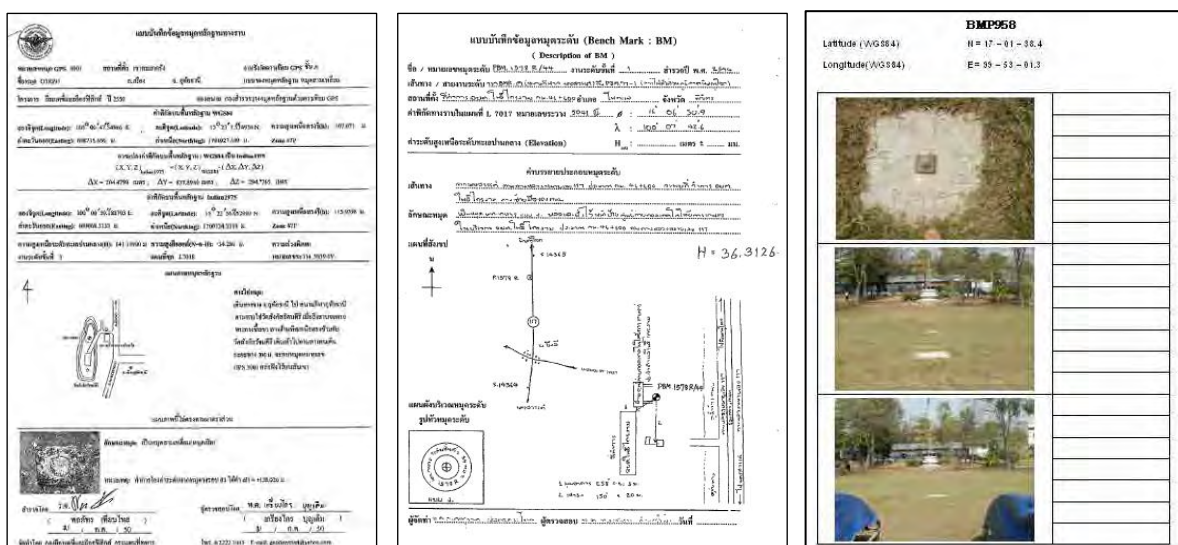


図 2.2.12

既存基準点の点の記

既存水準点の点の記

選点結果表（水準点）

新点 45 点の成果は下記の通りである。

表 2.2.3 新点座標一覧(3001～MCP-12)

Point Name	UTM 47N		Ellipsoide WGS84(H)	Mean sea level (E)	Geographic	
	Easting	Northing			Longitude	Latitude
3001	608735.656	1701027.309	106.749	141.209	100°00'47.54965"E	15°23'01.53492"N
3009	609756.416	1618019.501	-24.186	9.739	100°01'08.96107"E	14°38'00.03885"N
3166	662970.524	1521727.911	-17.740	13.733	100°30'26.67779"E	13°45'37.11119"N
3197	625647.785	1885006.714	16.553	52.570	100°10'50.29812"E	17°02'45.05974"N
3539	703857.161	1617213.927	-6.390	24.689	100°53'33.41494"E	14°37'14.17511"N
3540	706076.516	1593113.651	-21.086	9.618	100°54'40.82906"E	14°24'09.55002"N
3661	583851.988	1503378.501	-26.125	6.775	99°46'30.44390"E	13°35'52.06151"N
GCP-01	603270.288	1880980.222	8.451	45.305	99°58'12.74477"E	17°00'38.05432"N
GCP-02	633205.499	1844725.093	5.545	40.843	100°14'57.29212"E	16°40'52.96642"N
GCP-03	632687.328	1789965.022	-3.739	31.187	100°14'28.46958"E	16°11'11.37319"N
GCP-04	625381.849	1737350.285	-7.308	27.006	100°10'12.53995"E	15°42'40.74934"N
GCP-05	633151.066	1677426.585	-16.042	17.605	100°14'21.93020"E	15°10'09.42232"N
GCP-06	620973.377	1631400.156	-24.737	8.876	100°07'26.10051"E	14°45'13.76105"N
GCP-07	662267.966	1615861.343	-25.951	6.365	100°30'23.48687"E	14°36'40.30012"N
GCP-08	613378.669	1572135.952	-30.088	3.290	100°03'03.02411"E	14°13'06.24248"N
GCP-09	675474.543	1568812.223	-27.310	4.189	100°37'33.67197"E	14°11'06.50082"N
GCP-10	633080.699	1517155.462	-30.064	2.072	100°13'50.79482"E	13°43'13.83424"N
GCP-11	688250.253	1521377.685	-29.657	0.986	100°44'28.11428"E	13°45'20.16805"N
MCP-01	594799.580	1892749.977	12.588	49.663	99°53'28.09674"E	17°07'02.33066"N
MCP-02	583945.575	1876871.822	10.971	47.980	99°47'18.64748"E	16°58'27.19369"N
MCP-03	634438.948	1862086.232	10.442	45.914	100°15'42.65097"E	16°50'17.56230"N
MCP-04	617121.725	1845141.558	6.404	42.301	100°05'54.42551"E	16°41'09.59513"N
MCP-05	652715.658	1845570.663	6.838	41.418	100°25'56.06039"E	16°41'16.21124"N
MCP-06	624868.006	1815007.972	0.631	35.986	100°10'10.01281"E	16°24'47.70610"N
MCP-07	654777.083	1815937.034	1.500	35.712	100°26'58.43137"E	16°25'11.64694"N
MCP-08	619722.695	1780275.137	-0.244	34.827	100°07'10.15441"E	16°05'58.49946"N
MCP-09	655255.002	1772568.113	-0.764	33.134	100°27'04.19409"E	16°01'40.55876"N
MCP-10	606431.128	1735053.110	-4.569	30.097	99°59'35.55245"E	15°41'29.14903"N
MCP-11	658763.694	1729722.941	-3.717	29.562	100°28'52.06155"E	15°38'25.78255"N
MCP-12	625195.050	1710933.064	-8.064	26.023	100°10'01.40565"E	15°28'21.16906"N

n.nnn Is from Leveling

表 2.2.4 新点座標一覧(MCP-13~MCP-34)

Point Name	UTM 47N		Ellipsoide WGS84(H)	Mean sea level (E)	Geographic	
	Easting	Northing			Longitude	Latitude
MCP-13	606293.329	1663776.380	-17.731	16.536	99°59'19.97021"E	15°02'49.64964"N
MCP-14	666260.369	1663400.549	-20.363	12.406	100°32'47.86558"E	15°02'26.21138"N
MCP-15	639033.487	1648469.468	-21.504	11.729	100°17'33.33669"E	14°54'26.05093"N
MCP-16	684488.297	1636664.654	-0.590	31.405	100°42'51.21523"E	14°47'52.00319"N
MCP-17	593369.596	1584918.181	-27.495	6.606	99°51'57.04522"E	14°20'04.93698"N
MCP-18	642198.708	1599178.814	-28.451	4.237	100°19'09.62463"E	14°27'41.49798"N
MCP-19	685402.468	1598151.144	-24.340	7.224	100°43'12.02092"E	14°26'58.74948"N
MCP-20	591508.318	1559026.076	-23.464	10.372	99°50'51.77229"E	14°06'02.45070"N
MCP-21	643638.915	1565829.938	-26.269	6.075	100°19'51.32458"E	14°09'36.00454"N
MCP-22	706532.888	1572244.300	-25.762	4.743	100°54'50.30845"E	14°12'50.50343"N
MCP-23	614957.080	1541831.771	-28.546	4.384	100°03'51.11410"E	13°56'39.75029"N
MCP-24	654958.687	1535910.553	-16.733	15.114	100°26'02.78071"E	13°53'20.22609"N
MCP-25	686285.591	1540864.430	-28.582	2.338	100°43'27.39075"E	13°55'54.66381"N
MCP-26	716449.703	1531061.735	-27.713	1.984	101°00'09.37132"E	13°50'28.07925"N
MCP-27	618004.314	1513125.283	-27.042	5.316	100°05'28.30424"E	13°41'05.02663"N
MCP-28	639714.229	1498376.092	-30.341	1.320	100°17'28.29149"E	13°33'01.55406"N
MCP-29	667588.503	1500445.449	-29.305	1.706	100°32'55.88499"E	13°34'03.62370"N
MCP-30	700881.918	1501797.228	-29.696	0.338	100°51'23.56444"E	13°34'40.05022"N
MCP-31	639173.105	1757039.284	-0.473	33.802	100°17'59.89917"E	15°53'18.76488"N
MCP-32	664620.161	1755020.538	0.816	34.165	100°32'14.89047"E	15°52'07.47321"N
MCP-33	626931.700	1684113.688	-18.725	15.146	100°10'54.76191"E	15°13'48.14559"N
MCP-34	646128.623	1861830.081	8.107	43.159	100°22'17.50260"E	16°50'06.69673"N

n.nnn Is from Leveling

構築した新点 45 点 (GCP/MCP) を与点として調整用基準点 (FCP) 989 点の位置を算出するためのさらに細かい調整用基準点ネットワークを構成した。

調整用基準点 (FCP) もスタティック GPS 手法にて 1 時間以上の観測を実施した。配点は原則として前述した調整用基準点配点図のような格子点配置を計画するが地形地物の状況および公共用地での観測を考慮して柔軟に設置するものとした。

以下に、その調整用基準点観測結果を示す。

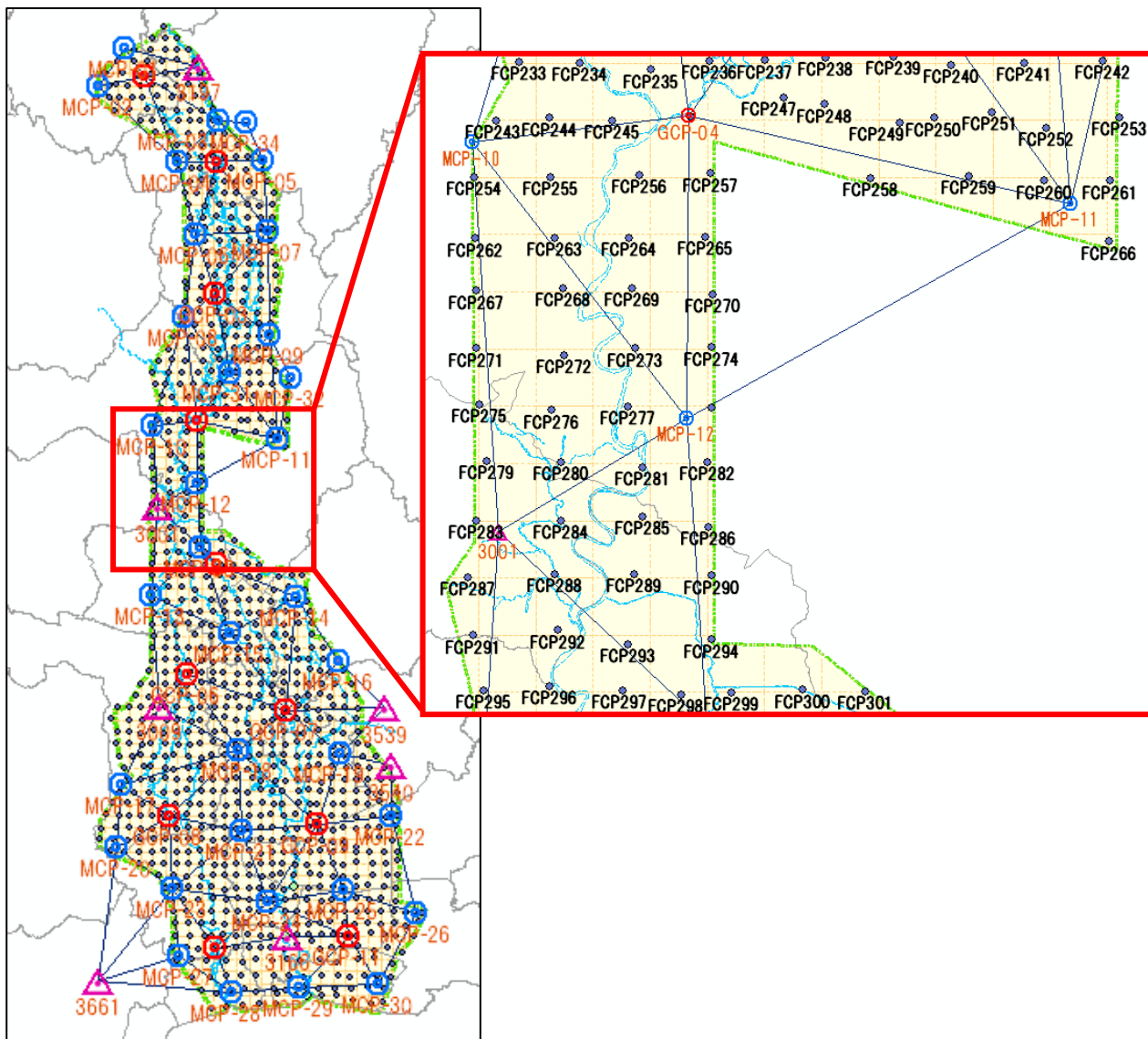


図 2.2.13 調整用基準点 (FCP) 観測結果図

また、調整用基準点 (FCP) の環併合差 ((Loop Closure) 及び網平均計算結果 (NetworkAdjustment) において、すべての点において制限内で座標値を計算・算出したことを確認した。

2-2-5 調整用基準点の点検測量について

北部及び中部地域において、一次基準点への高さの取り付けが少ないエリアを選定し、調整用基準点（FCP）の高さ精度の検証を実施した。南部地域は一次基準点への高さの取り付けが多いため、検証から除外した。下図の北部地域6か所・中部地域2か所を対象に、直接水準標高とGPS標高との比較を行った。結果は、全点標高差が10cm以下となり調整用基準点の精度は問題無いと判断した。（+点検測量を実施した箇所）

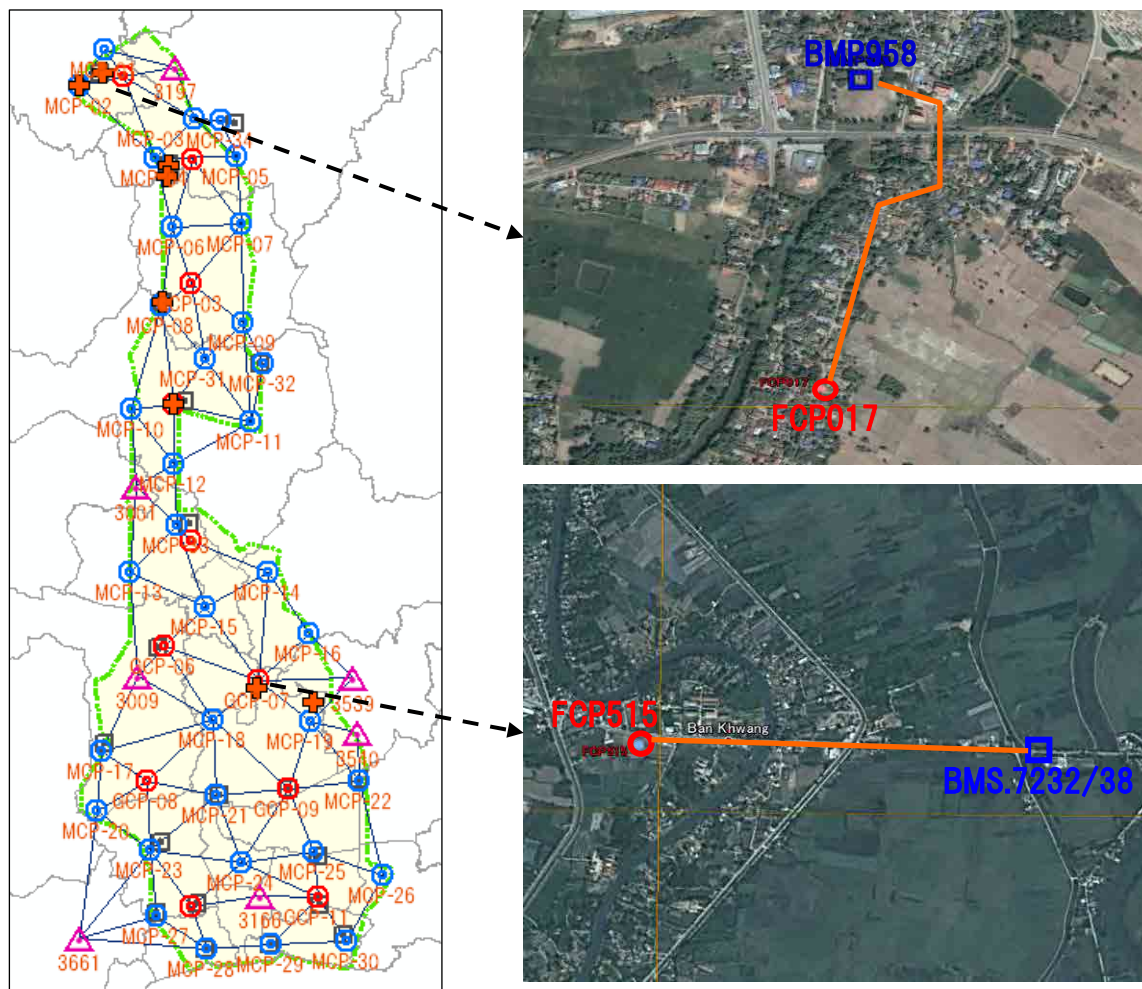


図 2.2.14 点検測量実施箇所図

表 2.2.6 点検測量結果

点検対象(FCP)	距離 (km)	標高(m)		格差 (m)
		水準測量	GPS	
BMP.958 To FCP017	0.8	46.794	46.759	0.035
MCP-02 To FCP024	0.2	48.241	48.221	0.020
BMP.1587 To FCP079	0.2	41.696	41.696	0.000
BMP.1586 To FCP085	0.1	40.962	40.877	0.085
BMP.1578R/44 To FCP162	0.1	36.108	36.095	0.013
GCP-04 To FCP246	0.4	26.897	26.896	0.001
BMS.7232A/38 To FCP515	1.6	8.695	8.682	0.013
BMP.(RTSD) To FCP541	6.2	7.493	7.398	0.095

2-2-6 使用したGPS機材

本業務で使用した GPS 機材は次の通りである。

表 2.2.7 一次基準点 (GCP/MCP)

No.	Brand	Model	Serial No.
1	Trimble	5700	0220264300
2	Trimble	5700	0220268118
3	Trimble	5700	0220263050
4	Trimble	5700	0220268117
5	LEICA	GX1230	452768
6	LEICA	GX1230	450539
7	LEICA	GX1230	454467
8	LEICA	SR530	4405
9	LEICA	SR531	4473
10	LEICA	SR532	4479
11	LEICA	SR533	0727
12	LEICA	SR534	0698

表 2.2.8 調整用基準点 (FCP)

No.	Brand	Model	Serial No.
1	LEICA	SR530	4405
2	LEICA	SR531	4473
3	LEICA	SR532	4479
4	LEICA	SR533	0727
5	LEICA	SR534	0698
6	TOPCON	HYPERS GGD	270-0181
7	TOPCON	HYPERS Ga	457-00621
8	TOPCON	HYPERS Ga	457-00442
9	TOPCON	HYPERS II	689-00170
10	TOPCON	HYPERS II	689-00154
11	TOPCON	GB 1000	268-0569

2-2-7 計測(航空レーザ計測)

計測は、レーザ測距装置および解析ソフトウェア、直接定位装置を航空機に搭載し実施する。本業務で投入した機材は下記の通りである。

表 2.2.9 投入機材

	機体番号	機種	航空レーザ計測機器	デジタルカメラ
1	HS-RSI	Piper PA-31-350	Leica ALS50-II (SN58)	Leica RCD105
2	OO-MAP	Cessna 404	Leica ALS60 (SN6125)	Leica RCD105
3	VH-WGS	Cessna 404	Leica ALS50 (SN31)	—
4	VH-AZU	Cessna 404	Leica ALS50-II (SN87)	ProSilica
Backup	OH-PNX	PiperPA-31-350	—	—
Backup	—	—	Leica ALS50-II (SN68)	Leica RCD105



図 2.2.15 航空機および搭載機材

レーザ対象範囲は 24,700k m² と広大なエリアであるため、4 機の機体と装置を投入した。計測は毎時出される空港の気象情報を参考に、天候のよさそうな場所へ 1 機フライトし計測が可能な場合、他の 3 機への連絡を行いフライトした。北部から優先して計測を進め、順次南下することとした。軍の制限区域などでは計測（特に画像データ）を制限される場合もあり、許可を得てから再計測する必要があった。

計測終了後は、空港で計測データのダウンロード、解析処理を行い、データ検証作業へ回すものとした。解析処理では直接定位位置（GPS/IMU）の処理を行い、飛行軌跡の確認、撮影実施図への転記、計測記録及び計測日誌の作成を行った。

ダウンロードしたデータは次工程へハンドキャリアによる受け渡しを行い、情報漏えいにつながるハードディスクの紛失のリスクを回避した。

機材における誤差量の点検(キャリブレーション)

本件で使用する全ての航空レーザ機材のレーザキャリブレーションを実施した。レーザキャリブレーションの計測コース図及び計測諸元を以下に示す。



図 2.2.16 キャリブレーションサイト (HS-RSI)

表 2.2.10 計測諸元 (HS-RSI)

Date	2012/03/04
Calibration Area	Bangkok
Aircraft	HS-RSI
System	ALS50- II (SN58)
Line 1	Altitude 500m
Line 2	Altitude 500m
Line 3	Altitude 500m
Line 4	Altitude 500m

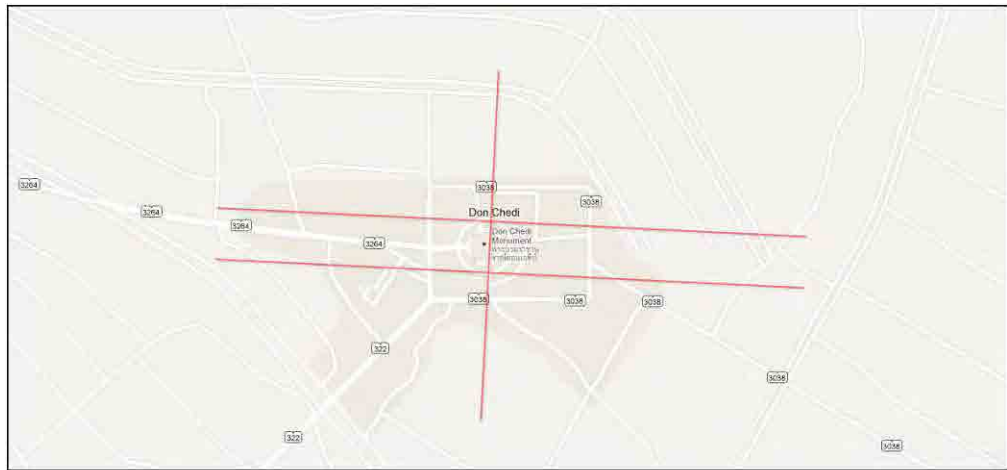


図 2. 2. 17 キャリブレーションサイト (00-MAP)

表 2. 2. 11 計測諸元 (00-MAP)

Date	2012/03/12
Calibration Area	Bangkok
Aircraft	OO-MAP
System	ALS60(SN6125)
Line 1	Altitude 500m
Line 2	Altitude 500m
Line 3	Altitude 500m
Line 4	Altitude 500m
Line 5	Altitude 2,785m
Line 6	Altitude 2,785m

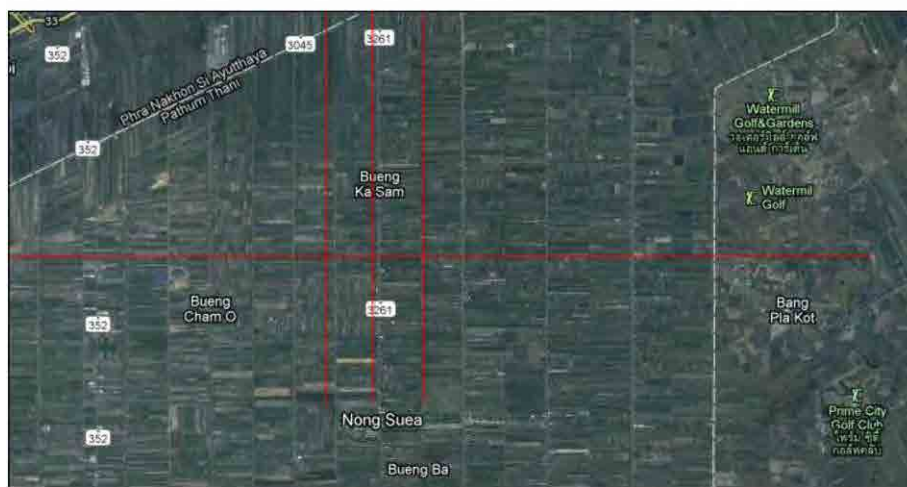


図 2. 2. 18 キャリブレーションサイト (VH-AZU)

表 2. 2. 12 計測諸元 (VH-AZU)

Date	2012/03/30
Calibration Area	Wang Noi
Aircraft	VH-AZU
System	ALS50- II (SN87)
Line 1	Altitude 2,785m
Line 2	Altitude 2,785m
Line 3	Altitude 2,785m
Line 4	Altitude 2,785m

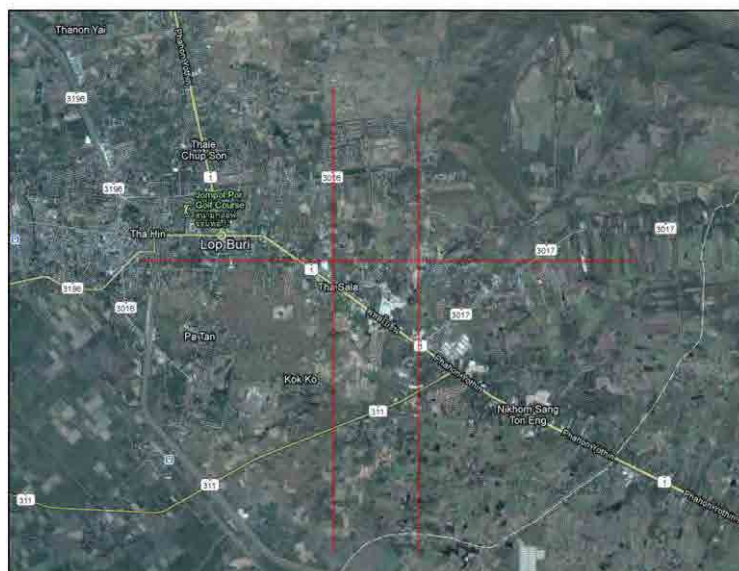
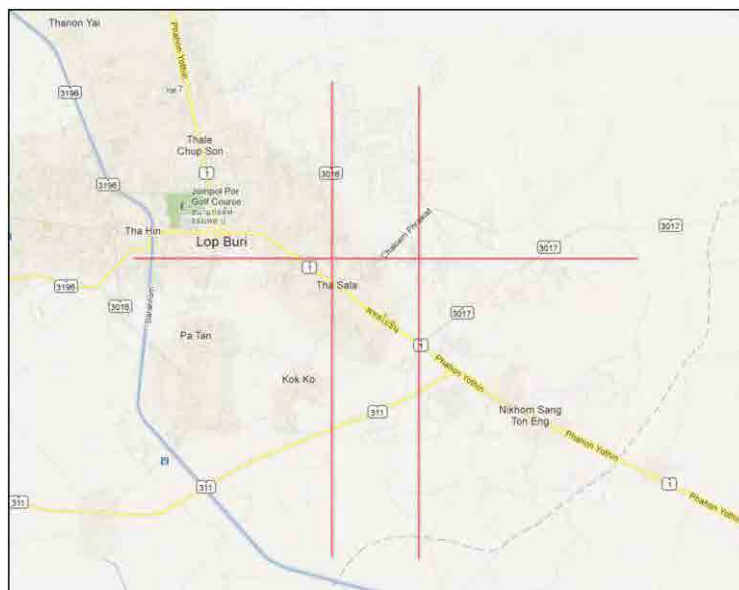


図 2. 2. 19 キャリブレーションサイト (VH-WGS)

表 2. 2. 13 計測諸元 (VH-WGS)

Date	2012/03/14
Calibration Area	Lop Buri
Aircraft	VH-WGS
System	ALS50 (SN31)
Line 1	Altitude 2,785m
Line 2	Altitude 2,785m
Line 3	Altitude 2,785m

航空レーザキャリブレーション解析の結果より Registry Files を作成し、三次元計測データ作成の工程で使用した。各機材の Registry Files に書き込まれている内容のうち、キャリブレーション値に関連する部分を抜粋し以下に示す。

表 2.2.14 Registry Files 一覧表

s y s t e m s	Registry Files Name	SN058_Calibrated-101006Hbgg.reg	SN6125_100609_G-OOSI_Salo_MPiA.reg	VH-AZU_ALS50-II_SN087.reg	120413_SN031_VH-WGS.reg
	Aircraft	HS-RSI	OO-MAP	VH-AZU	VH-WGS
	System	ALS50- II (SN58)	ALS60(SN6125)	ALS50- II (SN87)	ALS50 (SN31)
o f P o s e t s	Roll	-0.00287341 rad	0.00812971 rad	0.007667894 rad	0.011570835 rad
	Pitch	0.00615184 rad	-0.00846529 rad	-0.008623409 rad	-0.001774067 rad
	Heading	0.00126656 rad	0.0019201 rad	0.001986776 rad	0.000384623 rad
B C o r r e c t i o n s		Bank A / BankB	Bank A / BankB	Bank A / BankB	Bank A / BankB
	Renge 1 Correction	3.332/3.305	2.531/2.531	2.928/2.928	3.150/3.150
	Renge 2 Correction	3.340/3.344	2.503/2.539	2.956/2.920	3.141/3.152
	Renge 3 Correction	3.358/3.324	2.482/2.582	2.977/2.877	3.186/3.014
	Renge 4 Correction	3.300/3.317	2.499/2.567	2.960/2.892	3.096/3.040

計測実績

2012年2月29日より航空レーザ計測を実施した。下記に計測コース図、航空機の作業状況を記す Daily Report(例)、航空レーザ実績の一覧表を示す。なお、計測については、北側より6ブロックに分けて管理を行った。

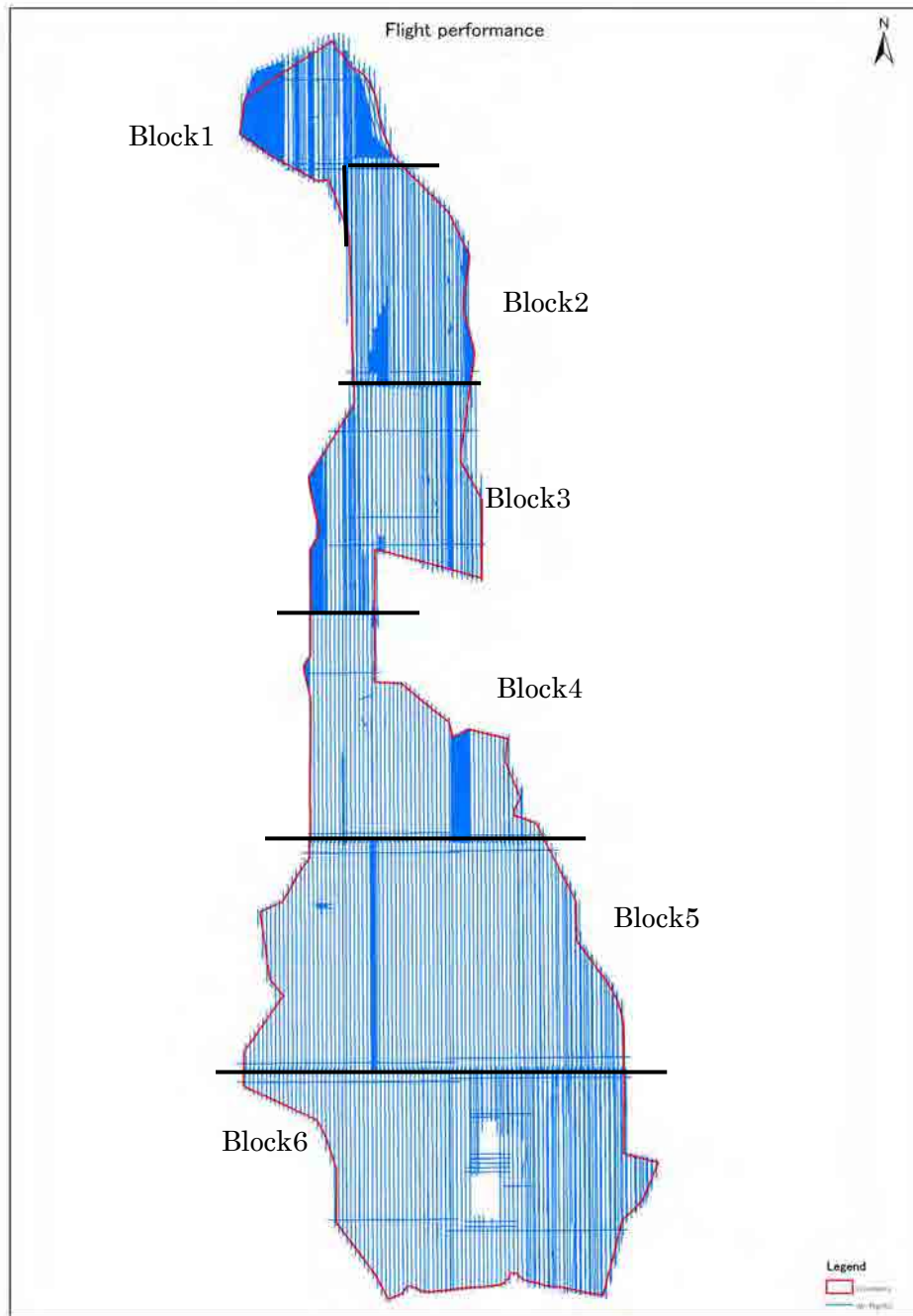


図 2. 2. 20 計測コース図(全 1,035 コース)

表 2.2.15 Daily Report (例)



Daily Report

Date	2012.02.29		No.	005
Project Name	The study on a comprehensive flood measurement plan for the Chao Phraya river basin			
Base (Airport)	VTBD: South / VTPP: North	Don Muang Airport (VTBD)	Phisanulok Airport (VTPP)	
Time	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon
Weather	Cloudy	Cloudy	Cloudy	Cloudy
Weather Details	METAR	Attached	Attached	
Aircraft Information				
Aircraft 1	HS-RSI (Royal Skyways)	Flying	Flying	
Aircraft 2	OO-MAP (Aerodata)	ETA: 04 Mar 2012		
Aircraft 3	VH-AZU (Fuguro)	Preparation of Mobilization (Applying for transit permit based on Thai flight permit)		
Aircraft 4	VH-WGS (Fuguro)	Preparation of Mobilization (Applying for transit permit based on Thai flight permit)		
Aircraft 5 (Back-up)	OH-ONX (FINNMAP)	Stand-by at Finland		
Equipment				
Equipment 1	ALS50 II (SN58)	Installed (HS-RSI)		
Equipment 2	ALS60 (SN6125)	Stand-by at Royal Skyways Hangar		
Equipment 3	ALS50 II (SN87)	Stand-by at Fuguro Australia		
Equipment 4	ALS60 (SN31)	Stand-by at Fuguro Australia		
Equipment 5 (Back-up)	ALS50 II (SN68)	PASCO Head Office → PASCO Thailand (ETA: 15 Mar 2012)		
Staff Information				
Team Leader (Flight)	Mr. Jyrki Inberg	Airport		
Team Leader (GCP)	Mr. Felix Rohrbach	Airport		
Pilot 1 (HS-RSI)	Mr. Witanyou Oubjaraphant (Pingit)	Flying		
Pilot 2 (HS-RSI)	Mr. Lapus Tantivitayakorn (Sarat)	Flying		
Pilot 3 (OO-MAP)	Mr. Ruben Philipse	ETA: 04 Mar 2012		
Pilot 4 (OO-MAP)	Mr. Vendenabeele Nicolas	Stand-by at Aerodata (Belgium)		
Pilot 5 (VH-AZU)	Mr. Jamieson Roderick	Stand-by at Fuguro (Australia)		
Pilot 6 (VH-WGS)	Mr. Hunt Andrew	Stand-by at Fuguro (Australia)		
Pilot 7 (VH-WGS)	Mr. Matheson Kim	Stand-by at Fuguro (Australia)		
Operator 1	Mr. Akseli Galkin	Flying		
Operator 2	Mr. Ari Jaaskelainen	Stand-by at FINNMAP (Finland)		
Operator 3	Mr. Ruben Philipse			
Operator 4	Mr. Kelly Neil (Ned)	Stand-by at Fuguro (Australia)		
Operator 5	Ms. Julie Sherrard	Stand-by at Fuguro (Australia)		
Security Officer Information				
Security Officer 1 (RTSD A)	HS-RSI (Royal Skyways)	Flying		
Security Officer 2 (RTSD B)	HS-RSI (Royal Skyways)	Airport (Ground Security)		
Security Officer 3 (RTSD C)	OO-MAP (Aerodata)			
Security Officer 4 (RTSD D)	OO-MAP (Aerodata)			
Security Officer 5 (RTSD E)	VH-AZU (Fuguro)			
Security Officer 6 (RTSD F)	VH-AZU (Fuguro)			
Security Officer 7 (RTSD G)	VH-WGS (Fuguro)			
Security Officer 8 (RTSD H)	VH-WGS (Fuguro)			
Description of Work (Comment)				
Short report / comment	Slight haze. 6 lines recorded on area 2-1.			

表 2.2.16 航空レーザ実績の一覧表抜粋 (2月25日~3月5日)

Flight Operation Report of Aerial Laser Measurement

No 1

Area Name		Chao Phraya River Circuit Area			Leader	Koichi Honji
Base		Don Muang Airport			Marker	Felix Rohrbach
No.	Date	Weather		Aircraft	Contents of Operation	Remark
		AM	PM			
1	25-Feb	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Test Flight with equipment (Total System).	OO-MAP, VH-AZU and VH-WGS are ongoing of preparation of mobilization.
				OO-MAP		
				VH-AZU		
				VH-WGS		
2	26-Feb	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Test Flight with equipment.	OO-MAP, VH-AZU and VH-WGS are ongoing of preparation of mobilization.
				OO-MAP		
				VH-AZU		
				VH-WGS		
3	27-Feb	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	No Flight (weather was not suitable for flying).	OO-MAP, VH-AZU and VH-WGS are ongoing of preparation of mobilization. Weather was so bad, Thunderstorm was warned by Thai Meteorological Department (TMD).
				OO-MAP		
				VH-AZU		
				VH-WGS		
4	28-Feb	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Stand-by (weather was not suitable for flying).	OO-MAP started ferry flight from Belgium. VH-AZU and VH-WGS are ongoing of preparation of mobilization.
				OO-MAP	Estimated Time of Arrival (ETA) is on 4 Mar 2012.	
				VH-AZU		
				VH-WGS		
5	29-Feb	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Flight (6 lines in 500m recorded on Block 2).	Weather was slight haze. VH-AZU and VH-WGS are ongoing of preparation of mobilization.
				OO-MAP	ETA is on 4 Mar 2012.	
				VH-AZU		
				VH-WGS		
6	1-Mar	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Flight (No data record).	METAR indicated suitable for flying, but clouds over the project areas prevented data capture. VH-AZU and VH-WGS are ongoing of preparation of mobilization.
				OO-MAP	ETA is on 4 Mar 2012.	
				VH-AZU		
				VH-WGS		
7	2-Mar	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Stand-by (weather was not suitable for flying).	VH-AZU started ferry flight from Australia. VH-WGS is ongoing of preparation of mobilization.
				OO-MAP	ETA is on 4 Mar 2012.	
				VH-AZU	ETA is on 8 Mar 2012.	
				VH-WGS		
8	3-Mar	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Stand-by (weather was not suitable for flying).	VH-WGS is ongoing of preparation of mobilization.
				OO-MAP	ETA is on 4 Mar 2012.	
				VH-AZU	ETA is on 8 Mar 2012.	
				VH-WGS		
9	4-Mar	Sunny	Cloudy	HS-RSI	Flight (4 lines in 2785m recorded on Block 4).	HS-RSI conducted calibration flight. The estimated time of arrival for OO-MAP was changed due to landing approval time in transit country. VH-WGS is ongoing of preparation of mobilization.
				OO-MAP	NEW ETA is on 5 Mar 2012.	
				VH-AZU	ETA is on 8 Mar 2012.	
				VH-WGS		
10	5-Mar	Sunny	Cloudy	HS-RSI	Flight (1.5 lines in 2785m recorded on Block 4)	HS-RSI was flying, but clouds and bad weather was on air, so had to stop operation. VH-WGS is ongoing of preparation of mobilization.
				OO-MAP	Arrived in Don Muang Airport	
				VH-AZU	ETA is on 8 Mar 2012.	
				VH-WGS		

表 2.2.17 航空レーザ実績の一覧表抜粋 (4月15日~4月24日)

Flight Operation Report of Aerial Laser Measurement

No 5

Area Name		Chao Phraya River Circuit Area			Leader	Koichi Honji
Base		Don Muang Airport			Marker	Felix Rohrbach
No.	Date	Weather		Aircraft	Contents of Operation	Remark
		AM	PM			
41	5-Apr	Rainy	Rainy	HS-RSI	Stand-by (weather was not suitable for flying).	Thunderstorm was warned by Thai Meteorological Department (TMD)
				OO-MAP	Stand-by (weather was not suitable for flying).	
				VH-AZU	Stand-by (100hrs maintenance).	
				VH-WGS	Stand-by (weather was not suitable for flying).	
42	6-Apr	Rainy	Rainy	HS-RSI	Stand-by (weather was not suitable for flying).	Weather was rainy all day in remaining project area.
				OO-MAP	Stand-by (weather was not suitable for flying).	
				VH-AZU	Stand-by (100hrs maintenance).	
				VH-WGS	Stand-by (weather was not suitable for flying).	
43	7-Apr	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Stand-by (weather was not suitable for flying).	OO-MAP took off for image acquisition flight, but had to return due to technical problem with the aircraft and weather was also very bad condition for LiDAR flight.
				OO-MAP	Flight (3 lines in 3300m recorded on Block 6)	
				VH-AZU	Stand-by (100hrs maintenance).	
				VH-WGS	Stand-by (weather was not suitable for flying).	
44	8-Apr	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Flight (7 lines recorded on Block 6)	HS-RSI took off, but returned due to engine problem, then Engine got fixed, took off again to collect some image data. Basically, weather was very cloudy all areas.
				OO-MAP	Stand-by (weather was not suitable for flying).	
				VH-AZU	Stand-by (100hrs maintenance).	
				VH-WGS	Flight (14 lines in 2785m recorded on Block 6)	
45	9-Apr	Cloudy	Rainy - Cloudy	HS-RSI	Flight (12 lines in 3300m recorded on Block 6)	HS-RSI and OO-MAP was flying and collecting image data for uncovered areas. VH-WGS was flying and collecting LiDAR data.
				OO-MAP	Flight (24 lines in 2785m recorded on Block 6)	
				VH-AZU	Stand-by (100hrs maintenance).	
				VH-WGS	Flight (14 lines in 2785m recorded on Block 6)	
46	10-Apr	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Stand-by (flight limitation of number of aircraft)	The flying areas only allowed for 2 aircrafts to fly. OO-MAP was flying both LiDAR and image flight in the northern areas. VH-WGS was flying LiDAR lines in the southern areas.
				OO-MAP	Flight (24 lines recorded on Block 2,3,4,5)	
				VH-AZU	Released to Australia	
				VH-WGS	Flight (16 lines in 2785m recorded on Block 6)	
47	11-Apr	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Flight (6 lines in 3300m recorded on Block 6)	HS-RSI conducted image flight in southern areas. OO-MAP went to the northern area to capture mainly image refling lines.
				OO-MAP	Flight (30 lines recorded on Block 1,2,3)	
				VH-AZU		
				VH-WGS	Stand-by (flight limitation of number of aircraft)	
48	12-Apr	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Flight (14 lines in 3300m recorded on Block 6)	HS-RSI took 14 image flight lines. OO-MAP took 13 image flight lines and 6 LiDAR lines over military areas.
				OO-MAP	Flight (19 lines recorded on Block 2,3)	
				VH-AZU		
				VH-WGS	Stand-by (flight limitation of number of aircraft)	
49	13-Apr	Cloudy	Cloudy	HS-RSI	Flight (14 lines in 3300m recorded on Block 5,6)	HS-RSI and OO-MAP was flying remaining uncovered image areas. VH-WGS completed all the remaining LiDAR lines over the military areas.
				OO-MAP	Flight (14 lines in 3300m recorded on Block 1,2,3)	
				VH-AZU		
				VH-WGS	Flight (18 lines in 2785m recorded on Block 4,6)	
50	14-Apr	Rainy - Cloudy	Rainy - Cloudy	HS-RSI	Stand-by (weather was not suitable for flying).	Weather condition was very bad due to thunder, rainstorm and heavy clouds.
				OO-MAP	Stand-by (50hrs maintenance).	
				VH-AZU		
				VH-WGS	Stand-by (weather was not suitable for flying).	

計測漏れの確認

レーザの計測範囲からポリゴンを作成し、計測対象範囲と重ね合わせることで、計測漏れの有無を確認し、計測漏れ箇所に関しては再計測を実施した。

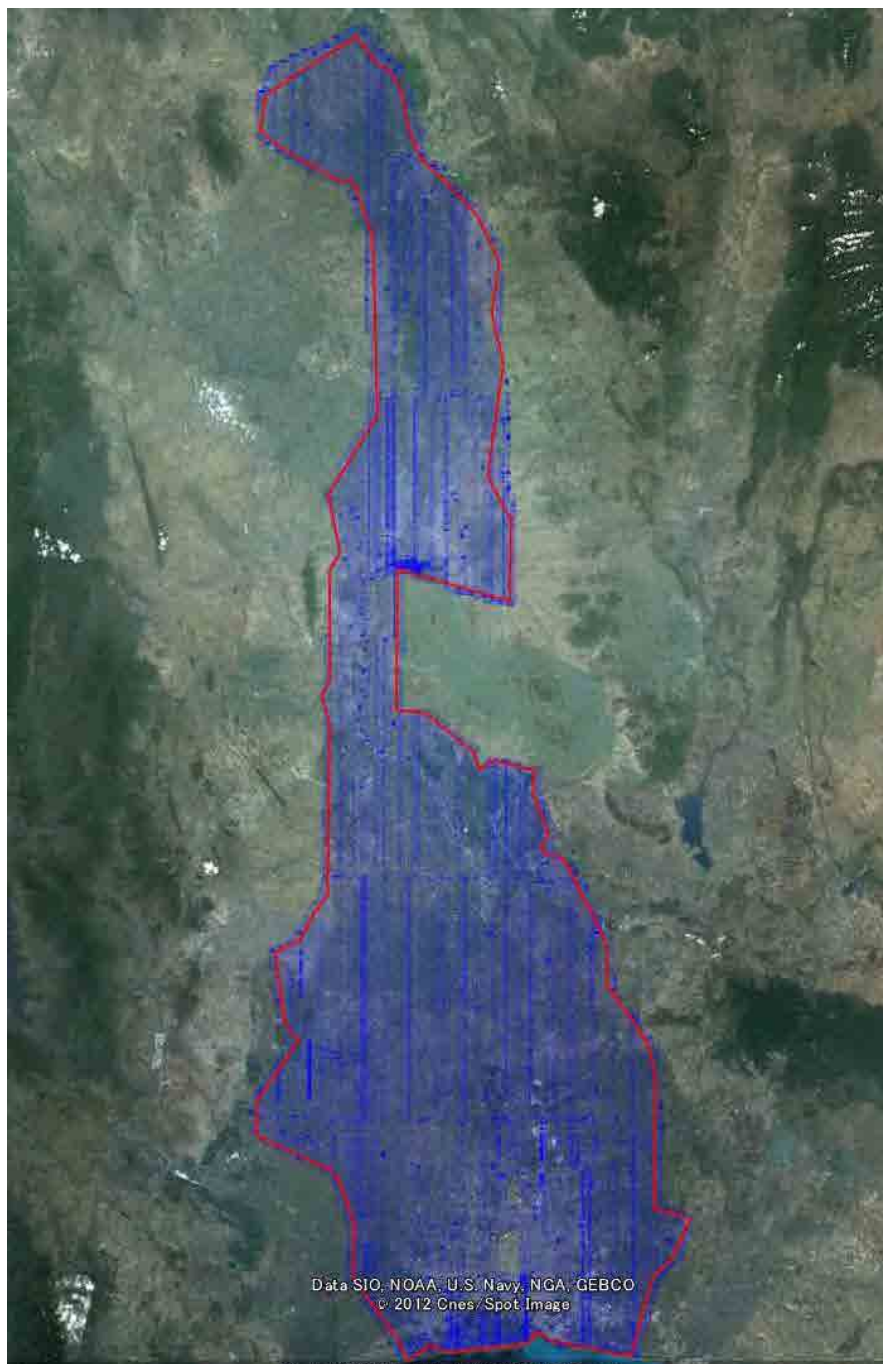


図 2. 2. 21 計測漏れ点検図（赤枠が計測対象域、青色が計測範囲）

計測漏れ点検および再計測の指示は RID のプロジェクトオフィスで行った。

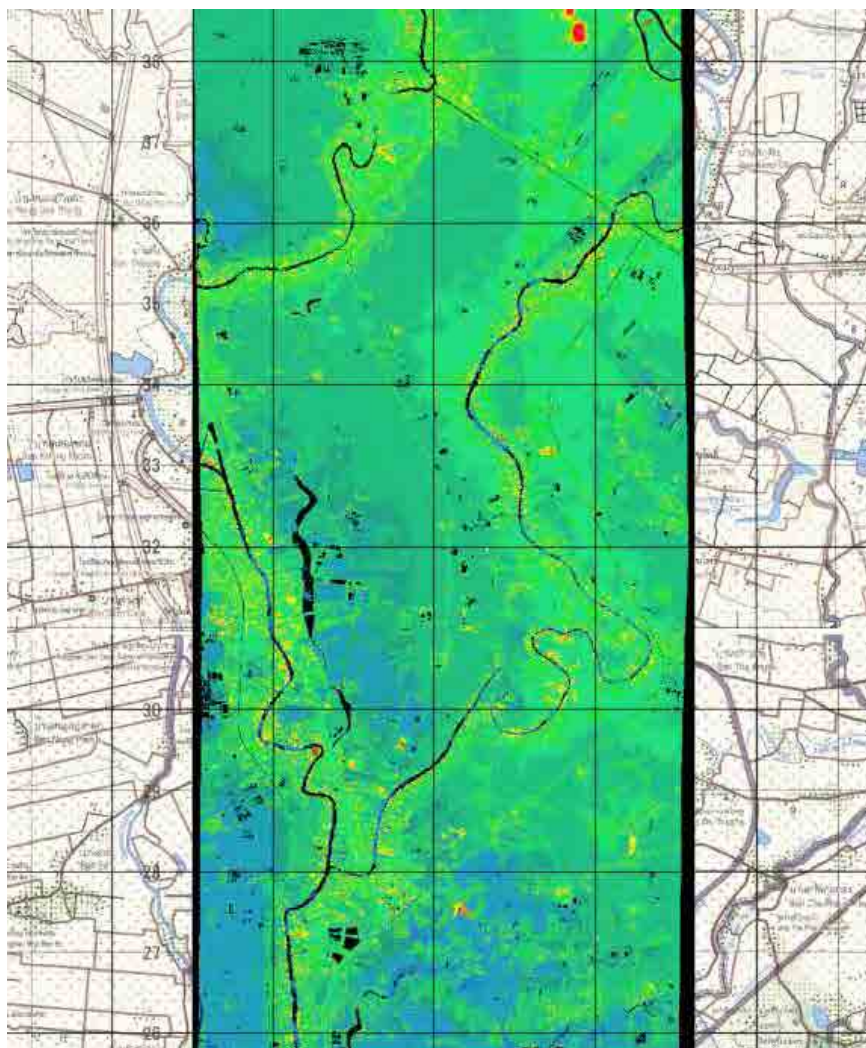


図 2. 2. 22 計測漏れ点検

上図は、青(低標高)から赤(高標高)のグラデーションで表現されており、黒色部分がデータの欠測箇所であり、水部については、航空レーザは光であるため、消散する傾向が見られるため欠測となる。また、黒色の屋根やアスファルトなども欠測する傾向が見受けられる。

これらの欠測は、再計測しても観測されるものではないため、ここでの計測漏れからは対象外とした。その結果、特に計測漏れは認められなかった。

雲の確認

レーザの強度画像をもとに計測コース中の雲の有無を確認。雲が計測の妨げになっている箇所に関しては再計測を実施した。

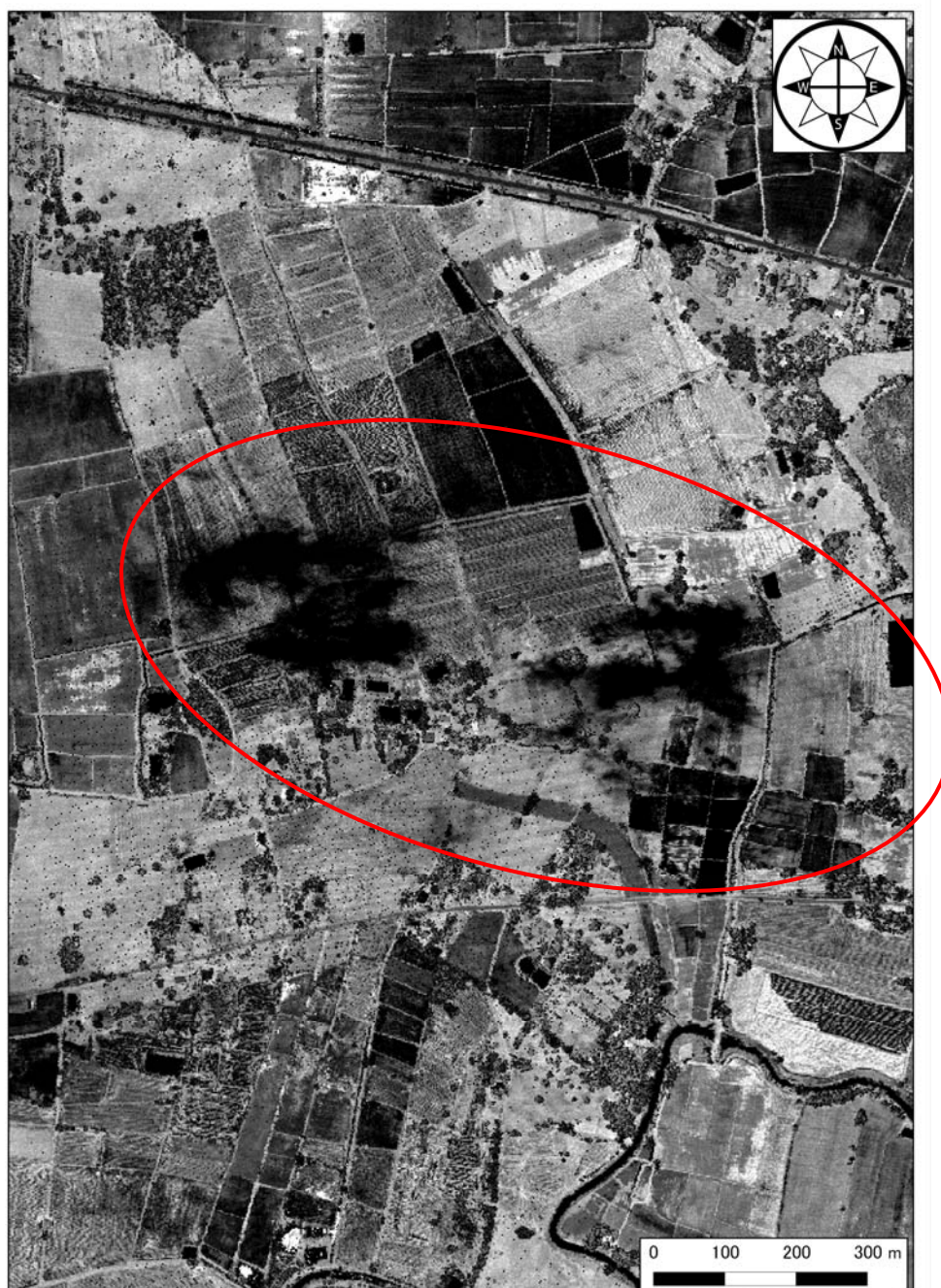


図 2. 2. 23 レーザ強度画像による雲の確認例(赤枠内が雲)

2-2-8 三次元計測データ作成

航空レーザ計測データを統合解析して作成し、調整用基準点との比較検証を行った。検証結果は標準偏差が 25cm 以内又は平均値が±25cm 以内であることを確認した。また、乱反射等によって発生する異常値については、ノイズデータとして除去した。

また、コース間の重複部分について、点検箇所を選定し、コースごとの標高値の比較検証を行った。その際の点検数は、コース間にて4箇所とし、重複部分に均等に配置した。また、点検箇所は平坦で明瞭な地点とし、格子幅と同一半径の円又はおおむね2倍の辺長の正方形内の計測データを平均した数値を採用した。ただし、山間部等の地形条件の影響で、設置する地点がない場合は点検点数を減らすものとした。検証結果は標高値の較差の平均が±30cm 以内であることを確認した。

作成する三次元計測データの地上座標値は、1cm 単位とした。

なお、計測結果の欠測を判定するが、欠測率（対象面積における欠測の割合）は10%以内を合格ラインとし、10%以上である場合でも水部の影響並びに黒色地物（屋根など）による影響で欠測している場合は、合格とした。

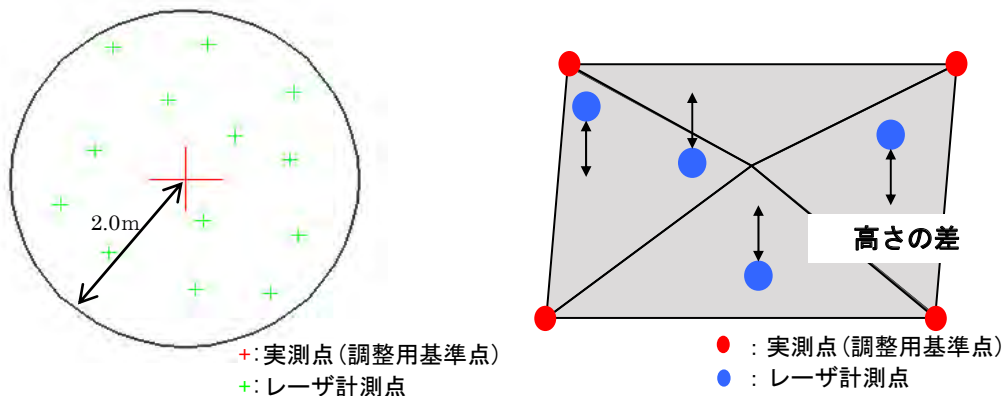


図 2.2.24 整用基準点検証イメージ

三次元計測データの作成手順の概要は以下の通り。

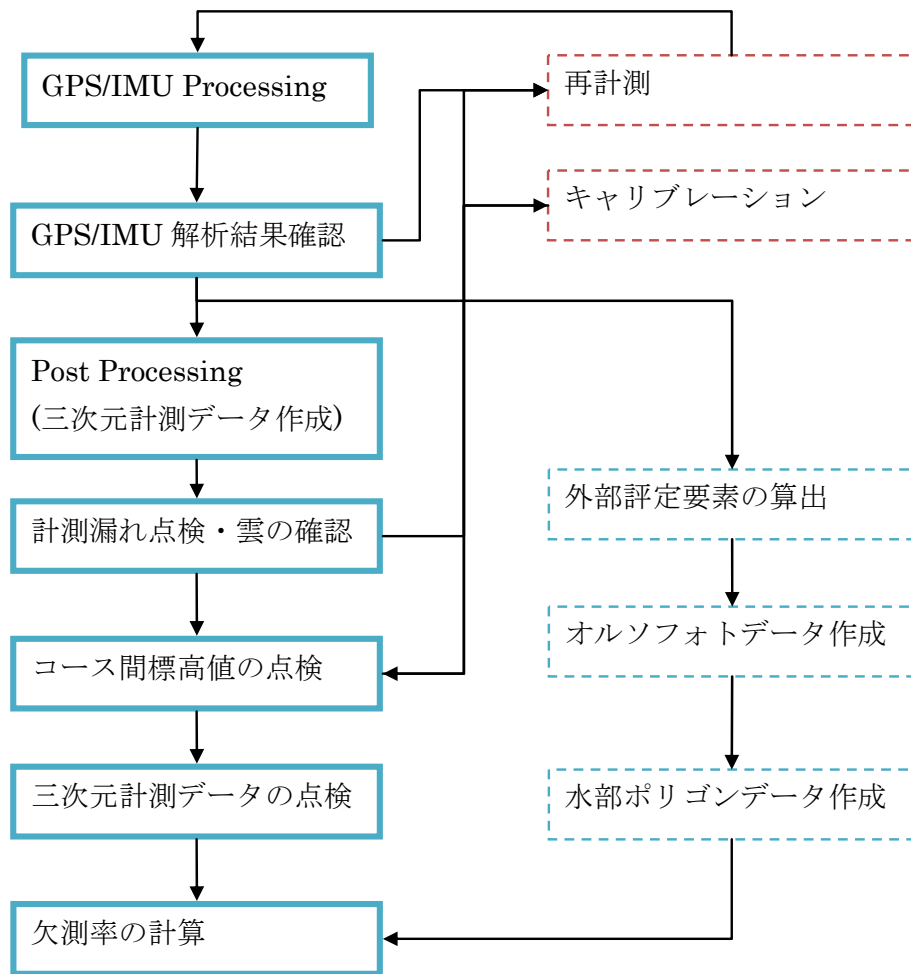


図 2. 2. 25 三次元計測データの作成手順概要(破線部は他の項目で扱う作業項目)

航空レーザ計測では取得した機上データ（GPS/IMU データ）および地上 GCP 観測データを基に、レーザ照射時の機体の位置と姿勢（直接定位位置データ）を求める。さらに、レーザ測距儀のデータ（スキャン角、地上との距離）を合わせてコース毎の計測点群データを作成する。このデータには鳥や空中の埃などで反射したレーザ点も含まれるため、これをノイズとして除去する。以下に三次元計測データ作成の手順の詳細を示す。

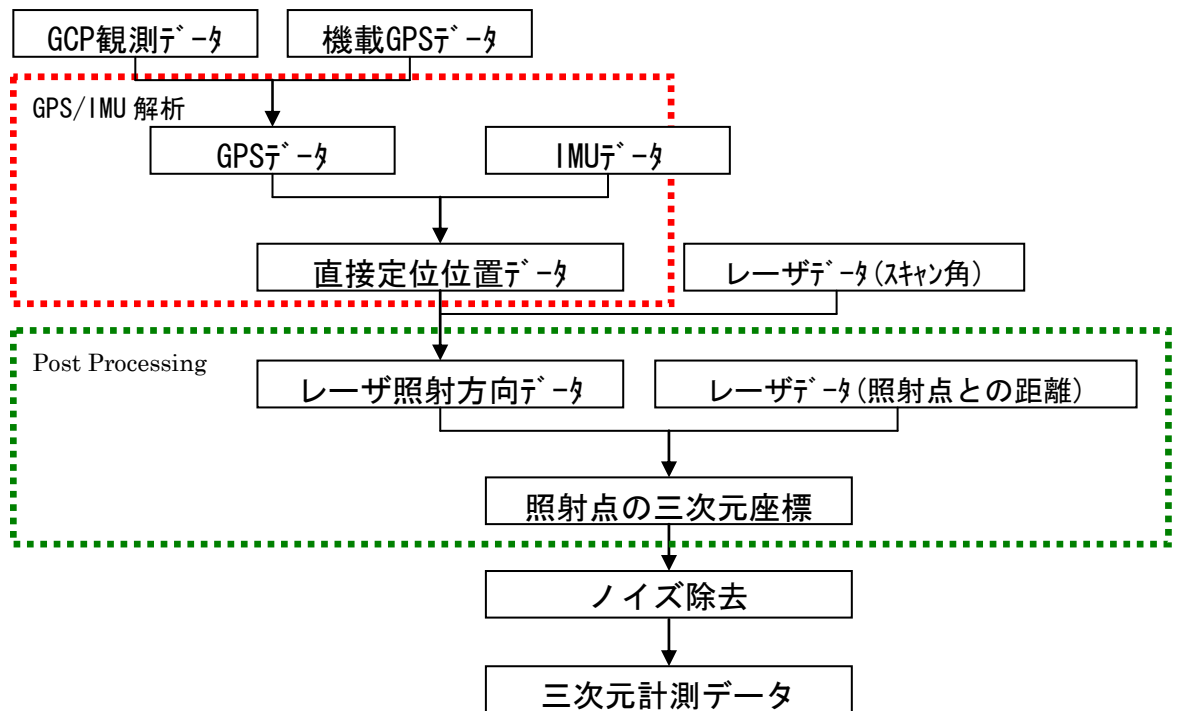


図 2. 2. 26 三次元計測データ作成の手順の詳細

GPS/IMU解析・確認

航空搭載の GPS と地上基準点に設置した GPS のデータを基線解析することで、計測中の航空機の飛行軌跡を求めた。図 2.2.27～図 2.2.29 に解析結果の例を示す。

飛行軌跡と IMU(慣性計測装置)のデータとあわせて解析することで航空機の位置・姿勢を求め、三次元計測データ作成に必要なソリューションファイルと、オルソフォトの作成に必要な外部評定要素ファイルを作成した。

基線解析で Fix 解が得られなかった計測コースに関しては、コースの調整を行うソフトウェアである TerraMatch (TerraSolid 社製) を用いた再計算によって精度基準内に入る成果を得た。(図 2.2.30)。

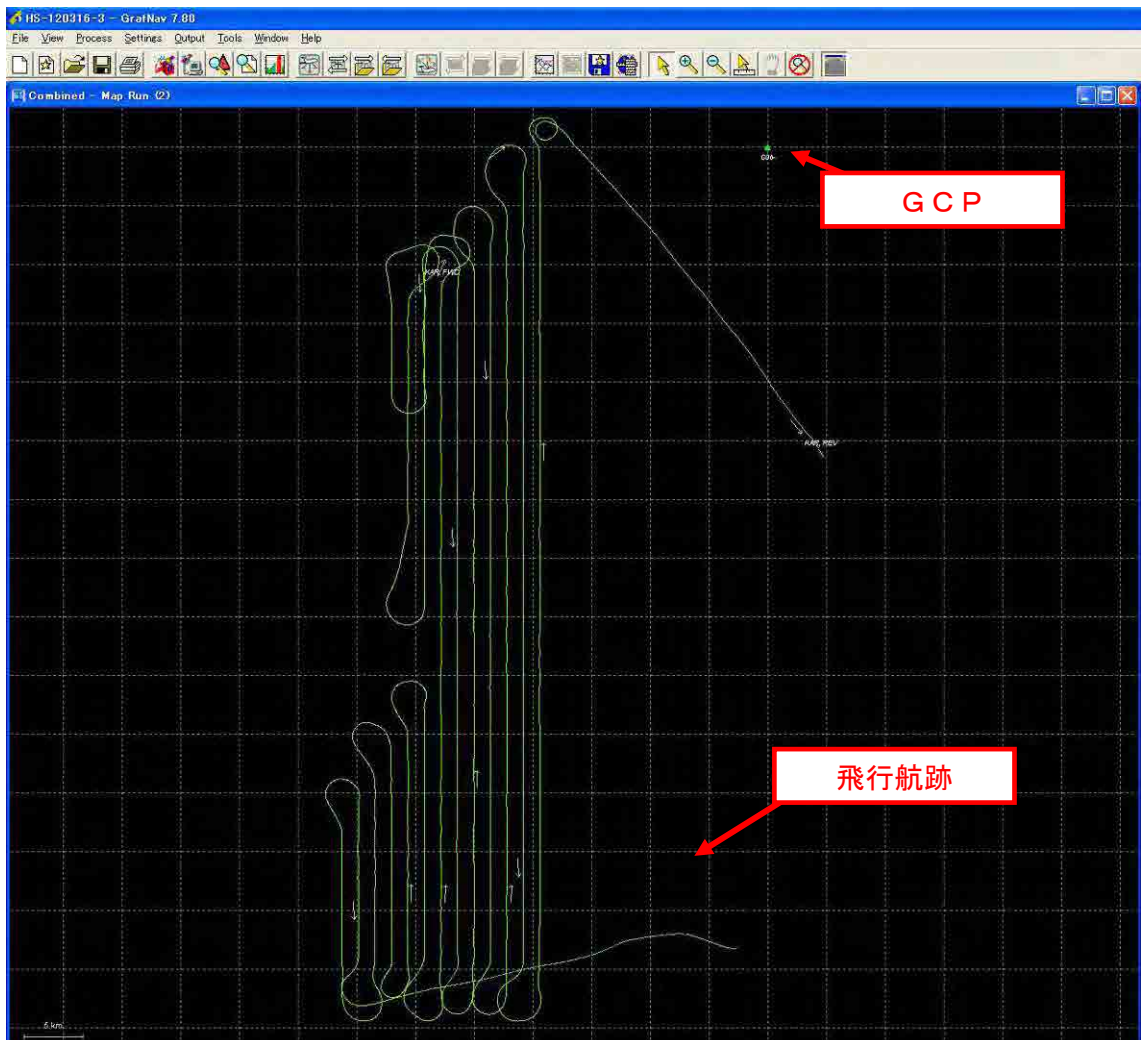


図 2.2.27 GPS/IMU 解析処理の(例)

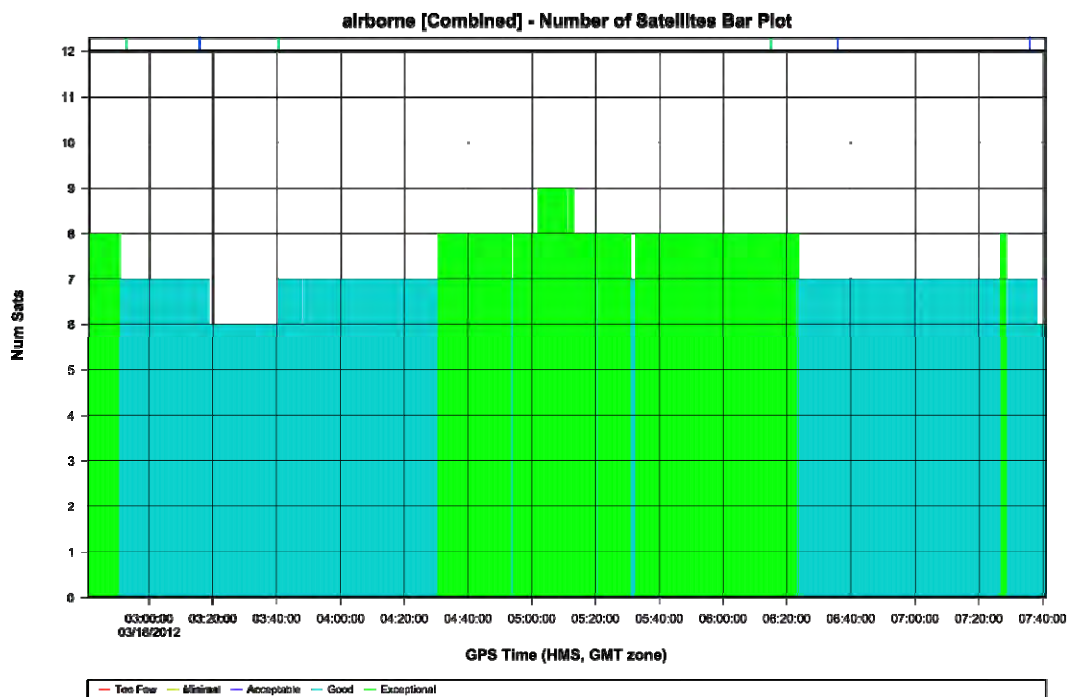


図 2.2.28 衛星数の例

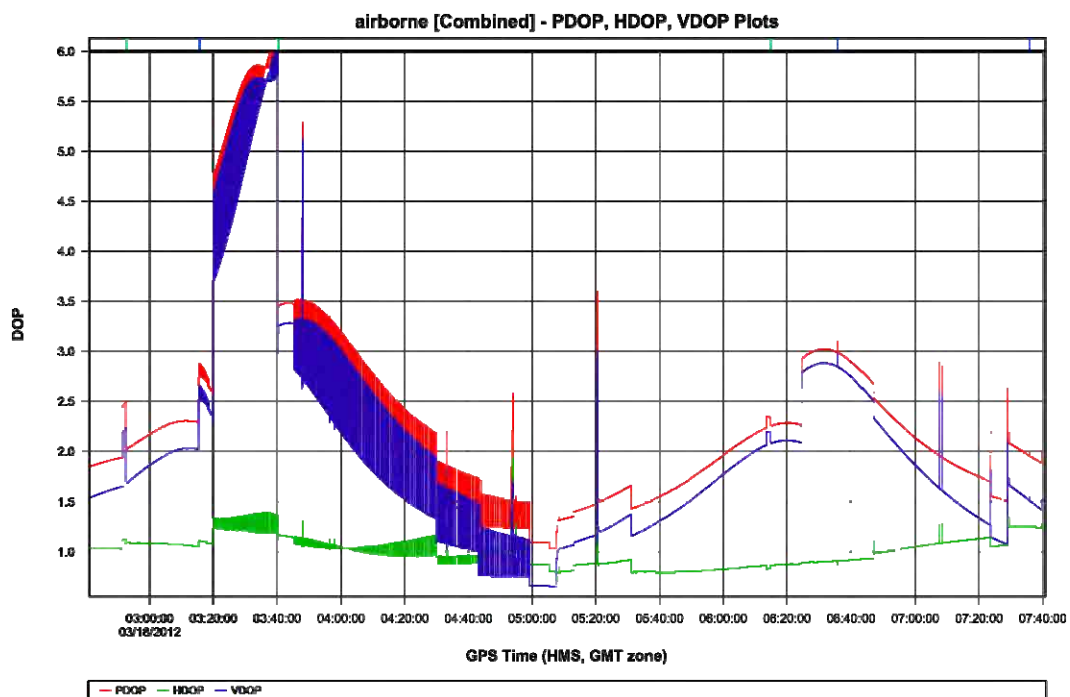


図 2.2.29 PDOP の例

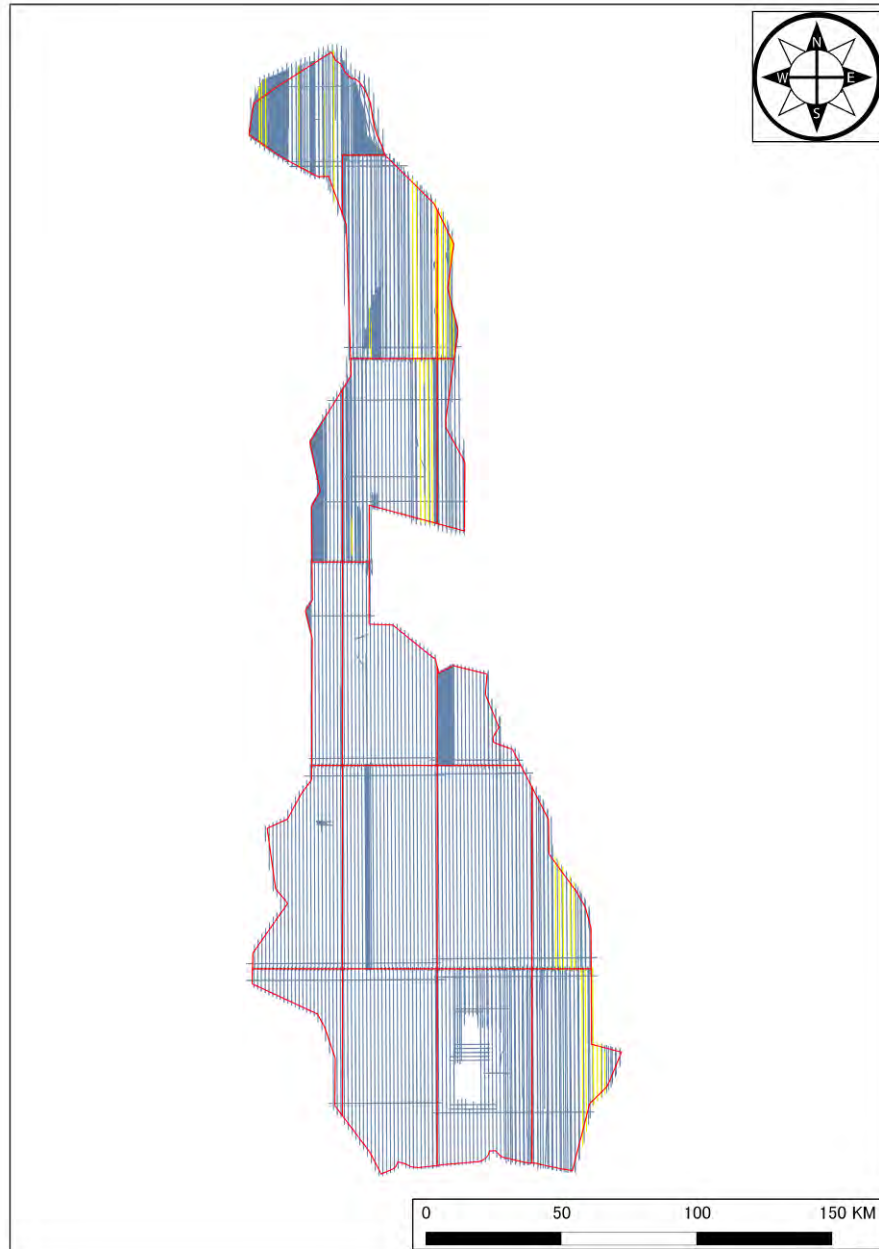


図 2.2.30 TerraMatch による再計算の実施コース (図中黄色線で表示、全 43 コース)

Post Processing(三次元計測データの作成)

GPS/IMU解析により得られたソリューションファイルを元に、三次元計測データを算出、計算にはALS Post Processor (Release 2.71 BUILD #15)を利用した。出力データはUTM 47系、回転楕円体WGS84。ジオイドはEGM2008 を用いて標高値を求めた。計測機材毎に異なるALS Post Processorの詳細設定は表 2.2.18～表 2.2.22の通りである。

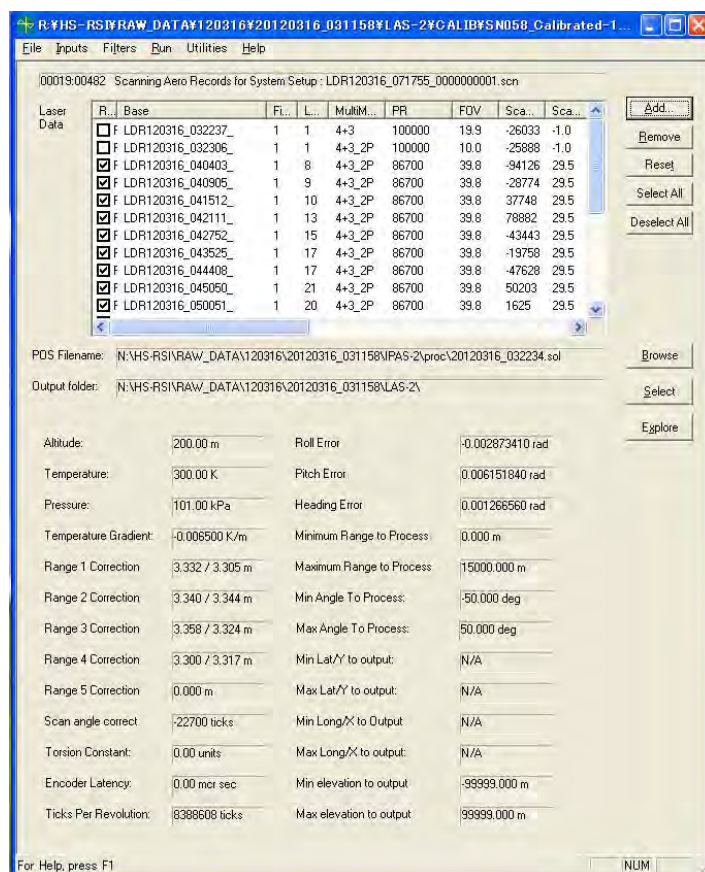


図 2.2.31 Post Processing 処理の(例)

表 2.2.18 Post Processing 設定

System	UYM
Zone	47N 96E to 102 E
Horizontal Datum	WGS84
Horizontal Units	Meters
Vertical Datum	EGM2008
Vertical Units	Meters

表 2.2.19 HS-RSI Leica ALS50-II (SN58) の設定

Altitude:	200.00 m	Roll Error	-0.002873410 rad
Temperature:	300.00 K	Pitch Error	0.006151840 rad
Pressure:	101.00 kPa	Heading Error	0.001266560 rad
Temperature Gradient:	-0.006500 K/m	Minimum Range to Process	0.000 m
Range 1 Correction	3.332 / 3.305 m	Maximum Range to Process	15000.000 m
Range 2 Correction	3.340 / 3.344 m	Min Angle To Process:	-50.000 deg
Range 3 Correction	3.358 / 3.324 m	Max Angle To Process:	50.000 deg

表 2.2.20 00-MAP Leica ALS60 (SN6125) の設定

Altitude:	200.00 m	Roll Error	-0.010093986 rad
Temperature:	300.00 K	Pitch Error	-0.001326469 rad
Pressure:	101.00 kPa	Heading Error	-0.001417276 rad
Temperature Gradient:	-0.006500 K/m	Minimum Range to Process	0.000 m
Range 1 Correction	-3.877 / -3.877 m	Maximum Range to Process	15000.000 m
Range 2 Correction	-3.874 / -3.849 m	Min Angle To Process:	-50.000 deg
Range 3 Correction	-3.837 / -3.880 m	Max Angle To Process:	50.000 deg

表 2.2.21 VH-AZU Leica ALS50-II (SN87) の設定

Altitude:	200.00 m	Roll Error	0.007667894 rad
Temperature:	300.00 K	Pitch Error	-0.008623409 rad
Pressure:	101.00 kPa	Heading Error	0.001986776 rad
Temperature Gradient:	-0.006500 K/m	Minimum Range to Process	-99999.000 m
Range 1 Correction	2.928 / 2.928 m	Maximum Range to Process	99999.000 m
Range 2 Correction	2.956 / 2.920 m	Min Angle To Process:	-50.000 deg
Range 3 Correction	2.977 / 2.877 m	Max Angle To Process:	50.000 deg

表 2.2.22 VH-WGS Leica ALS50 (SN31) の設定

Altitude:	200.00 m	Roll Error	0.011570835 rad
Temperature:	300.00 K	Pitch Error	-0.001774067 rad
Pressure:	101.00 kPa	Heading Error	0.000384623 rad
Temperature Gradient:	-0.006500 K/m	Minimum Range to Process	0.000 m
Range 1 Correction	3.150 / 3.150 m	Maximum Range to Process	20000.000 m
Range 2 Correction	3.141 / 3.152 m	Min Angle To Process:	-50.000 deg
Range 3 Correction	3.186 / 3.014 m	Max Angle To Process:	50.000 deg

三次元計測データ点検

調整用基準点を中心に格子幅 2m と同一半径の円またはおおむね 2 倍の辺長の正方形内のレーザ計測データを抽出し、調整用基準点と抽出された各レーザ計測データの標高の較差を算出して比較検証した。

乱反射等によって発生するエラー計測点については、鳥瞰表示で TIN 形状がおかしな箇所、断面表示で異常な標高値を持つ点群を確認し、ノイズデータとして除去する。

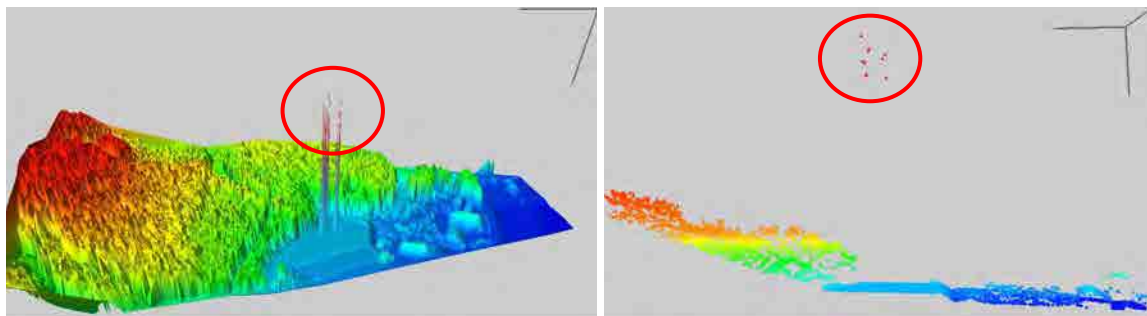


図 2.2.32 鳥瞰表示(左)および断面表示(右)によるノイズデータ除去イメージ

※：レーザ計測時に FCP867 点付近に車が駐車されていたため、抽出点が 1 点しかないが、点検結果に含めている。

計測対象地域に配点された調整用基準点(図 2.2.33)により三次元計測データを点検した結果、標準偏差が 25cm 以上又は平均値が±25cm 以上の場合には、原因を調査の上、再計算処理又は再計測を実施した。点検結果は「三次元計測データ点検表」及び「調整用基準点調査表」に整理した。

表 2.2.23 様式 2-8 三次元計測データ点検表

Form2-8

Three-dimensional Scanning Data Verification Sheet					
Name of work area	Chao Phraya River		Implemented by		Hiromichi Omori
			Head of the work team		Honji Koichi
Point name	FCP001		Actual measurements H=	51.374	m
No	X	Y	Z	Difference (H-Z)	Remarks
1	611590.670	1901316.090	51.311	0.063	
2	611590.150	1901317.290	51.348	0.026	
3	611587.950	1901317.260	51.250	0.124	
4	611588.050	1901318.470	51.248	0.126	
5	611590.310	1901318.500	51.427	-0.053	
6	611591.490	1901319.690	51.274	0.100	
7	611589.270	1901319.650	51.374	0.000	
Mean			0.055		
Maximum			0.126		
Minimum			-0.053		
Standard Deviation			0.063		
RMS error			0.084		

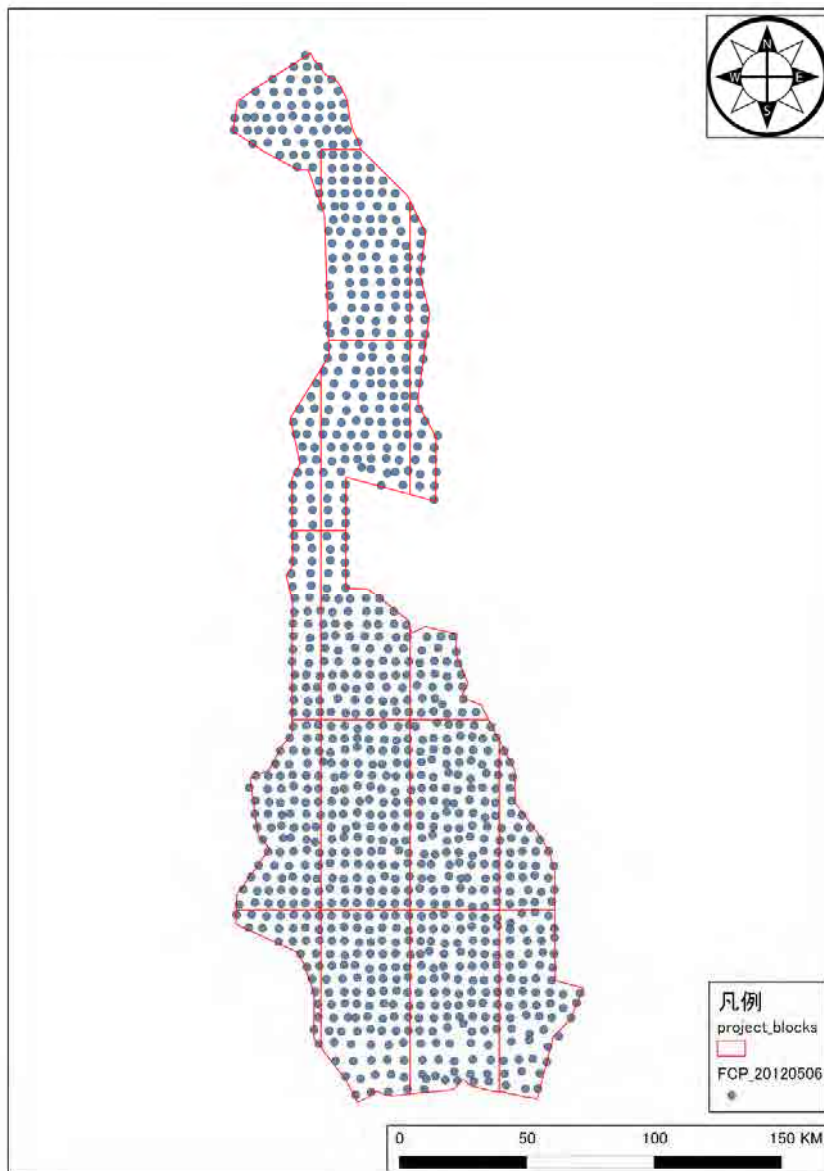


図 2.2.33 検証用基準点の分布図 (全 993 点)

表 2.2.24 調整用基準点調査表

Control Point for Correction Survey Sheet

Name of work area		Chao Phraya River					Implemented by	Kiyofumi Tamari		
							Head of the work team	Koichi Honji		
No	Point name	Leveling result	Output of laser scanning	Difference from the result of leveling	No	Point name	Leveling result	Output of laser scanning	Difference from the result of leveling	
1	FCP401	9.593	9.701	-0.108	41	FCP441	18.807	18.637	0.170	
2	FCP402	8.680	8.828	-0.148	42	FCP442	28.541	28.482	0.059	
3	FCP403	10.339	10.244	0.095	43	FCP443	20.399	20.224	0.175	
4	FCP404	11.797	11.765	0.032	44	FCP444	16.236	16.164	0.072	
5	FCP405	9.721	9.787	-0.066	45	FCP445	11.751	11.705	0.046	
6	FCP406	8.275	8.330	-0.055	46	FCP446	7.679	7.458	0.221	
7	FCP407	9.056	9.242	-0.186	47	FCP447	7.691	7.727	-0.036	
8	FCP408	12.920	12.960	-0.040	48	FCP448	8.334	8.306	0.028	
9	FCP409	25.714	25.715	-0.001	49	FCP449	8.311	8.306	0.005	
10	FCP410	14.961	14.903	0.058	50	FCP450	8.991	8.874	0.117	
11	FCP411	10.387	10.195	0.192	51	FCP451	7.653	7.661	-0.008	
12	FCP412	8.427	8.270	0.157	52	FCP452	6.919	6.910	0.009	
13	FCP413	10.769	10.786	-0.017	53	FCP453	9.093	9.156	-0.063	
14	FCP414	11.602	11.653	-0.051	54	FCP454	8.816	8.954	-0.138	
15	FCP415	10.192	10.163	0.029	55	FCP455	6.665	6.599	0.066	
16	FCP416	9.846	9.850	-0.004	56	FCP456	6.265	6.172	0.093	
17	FCP417	9.143	9.169	-0.026	57	FCP457	6.930	6.889	0.041	
18	FCP418	10.283	10.178	0.105	58	FCP458	6.412	6.362	0.050	
19	FCP419	9.093	9.232	-0.139	59	FCP459	8.076	8.099	-0.023	
20	FCP420	10.201	10.427	-0.226	60	FCP460	23.038	22.970	0.068	
21	FCP421	9.131	9.187	-0.056	61	FCP461	20.700	20.763	-0.063	
22	FCP422	9.588	9.467	0.121	62	FCP462	14.919	14.905	0.014	
23	FCP423	9.230	9.083	0.147	63	FCP463	9.043	9.005	0.038	
24	FCP424	15.422	15.417	0.005	64	FCP464	8.105	8.174	-0.069	
25	FCP425	30.706	30.550	0.156	65	FCP465	6.656	6.679	-0.023	
26	FCP426	16.110	16.123	-0.013	66	FCP466	7.434	7.402	0.032	
27	FCP427	10.279	10.157	0.122	67	FCP467	6.955	6.901	0.054	
28	FCP428	10.230	10.104	0.126	68	FCP468	7.745	7.622	0.123	
29	FCP429	9.220	9.150	0.070	69	FCP469	7.039	6.956	0.083	
30	FCP430	9.422	9.439	-0.017	70	FCP470	7.289	7.303	-0.014	
31	FCP431	9.451	9.544	-0.093	71	FCP471	7.394	7.343	0.051	
32	FCP432	10.003	9.958	0.045	72	FCP472	7.759	7.999	-0.240	
33	FCP433	7.513	7.558	-0.045	73	FCP473	6.635	6.612	0.023	
34	FCP434	8.832	8.913	-0.081	74	FCP474	6.628	6.532	0.096	
35	FCP435	8.454	8.467	-0.013	75	FCP475	7.263	7.168	0.095	
36	FCP436	8.005	8.247	-0.242	76	FCP476	5.964	6.089	-0.125	
37	FCP437	8.875	8.779	0.096	77	FCP477	6.923	6.701	0.222	
38	FCP438	5.656	5.528	0.128	78	FCP478	9.233	9.114	0.119	
39	FCP439	8.097	7.946	0.151	79	FCP479	18.981	18.947	0.034	
40	FCP440	13.416	13.491	-0.075	80	FCP480	27.006	27.216	-0.210	

	Mean (m)	Standard deviation (m)	RMS error (m)	Maximum (m)	Minimum (m)	Maximum - Minimum	Number of data
Difference from the result of leveling for the entire scan area	-0.001	0.134	0.134	0.447	-0.464	-0.911	976

コース間点検調査

隣接する計測コース間の重複箇所を選定し、コースごとの標高値の比較点検を行った。点検箇所数は1コースあたり最大4点、等間隔に選択した。

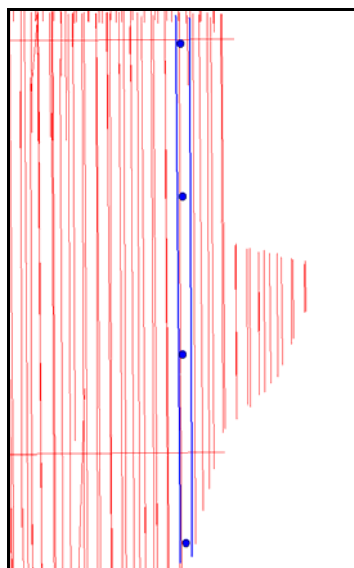


図 2.2.34 コース間検証箇所の例

点検箇所を選定はレーザ強度画像からオーバーラップしている範囲(黄色範囲)内で平坦地を選択した。

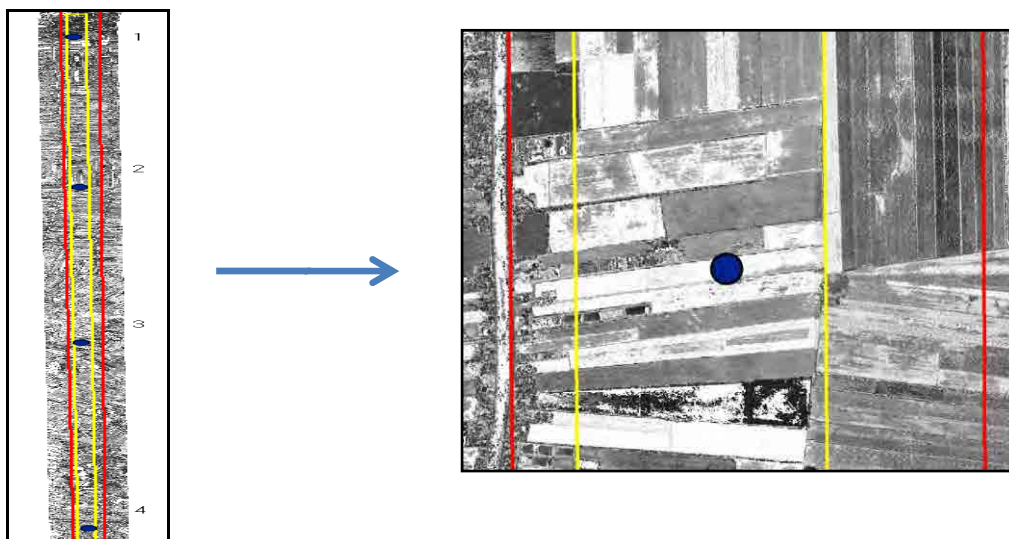


図 2.2.35 選点箇所の例

点検では点検箇所を中心とした 4 m^2 の範囲の三次元計測データを平均し、比較した。

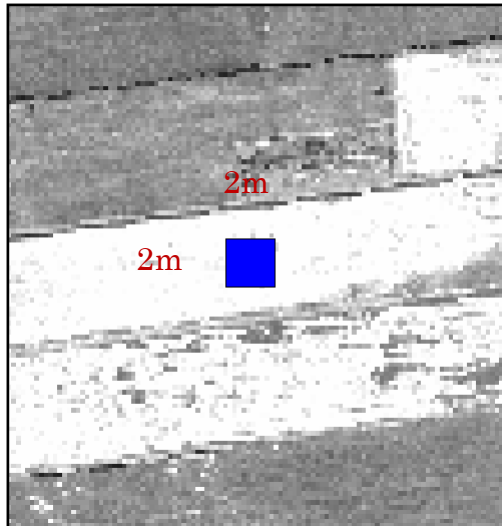


図 2.2.36 点検範囲の例

コース間標高値の較差が±30cm 以内である事が確認されたが、一部制限を越えた場合については、点検箇所の新設定または、キャリブレーション値の見直しを行った。

表 2.2.25 点検結果表の例

No.	X	Y	Z	Dif	Note	WorkNote	WorkFlg
6207-6208-2	627370.844	1542646.759					未知点,,20↓
ldr120330_022002all	-INI	627370.844	1542646.759	2.176			初期値(中央値),,21↓
ldr120330_022002all	-TIN	627370.844	1542646.759	2.175	-0.002		TIN補間からの推測値,,-1↓
ldr120330_022002all	-1	627373.860	1542642.780	2.080	-0.096		,,1↓
ldr120330_022002all	-2	627371.970	1542642.890	2.152	-0.024		,,1↓
ldr120330_022002all	-3	627370.110	1542643.000	2.226	0.050		,,1↓
				2.153	-0.024		平均(6207-6208-2_ldr120330_022002all),,↓
				0.063			RMS誤差(6207-6208-2_ldr120330_022002all),,↓
				0.058			標準偏差(6207-6208-2_ldr120330_022002all),,↓
							採用点(27/28),,↓
ldr120330_024053all	-INI	627370.844	1542646.759	2.091			初期値(中央値),,21↓
ldr120330_024053all	-TIN	627370.844	1542646.759	2.120	0.029		TIN補間からの推測値,,-1↓
ldr120330_024053all	-1	627373.440	1542649.290	2.122	0.031		,,1↓
ldr120330_024053all	-2	627371.730	1542649.250	2.071	-0.019		,,1↓
ldr120330_024053all	-3	627370.070	1542649.220	2.151	0.060		,,1↓
				2.105	0.014		平均(6207-6208-2_ldr120330_024053all),,↓
				0.043			RMS誤差(6207-6208-2_ldr120330_024053all),,↓
				0.040			標準偏差(6207-6208-2_ldr120330_024053all),,↓
							採用点(32/32),,↓
				2.127	-0.003		平均(6207-6208-2),,↓
				0.007			RMS誤差(6207-6208-2),,↓
				0.054			標準偏差(6207-6208-2),,↓
							採用点(59/60),,↓ ※:それぞれのコースでコース間標高値の平均値(赤枠)を算出した。

点検結果は「コース間点検箇所較差表」として整理し、配点図は、「コース間点検箇所配点図」として取りまとめた。

欠測率点検

計測結果の欠測を判定するため、欠測率（対象面積における欠測の割合）を計算した。当プロジェクトの格子間隔は2mであることから制限値は10%未満であるものとする。欠測率とは、対象面積に対する欠測の割合を示すものであり、準則に示されている下記の計算式で求めた。

$$\text{欠測率} = (\text{欠測格子数} / \text{格子数}) \times 100$$

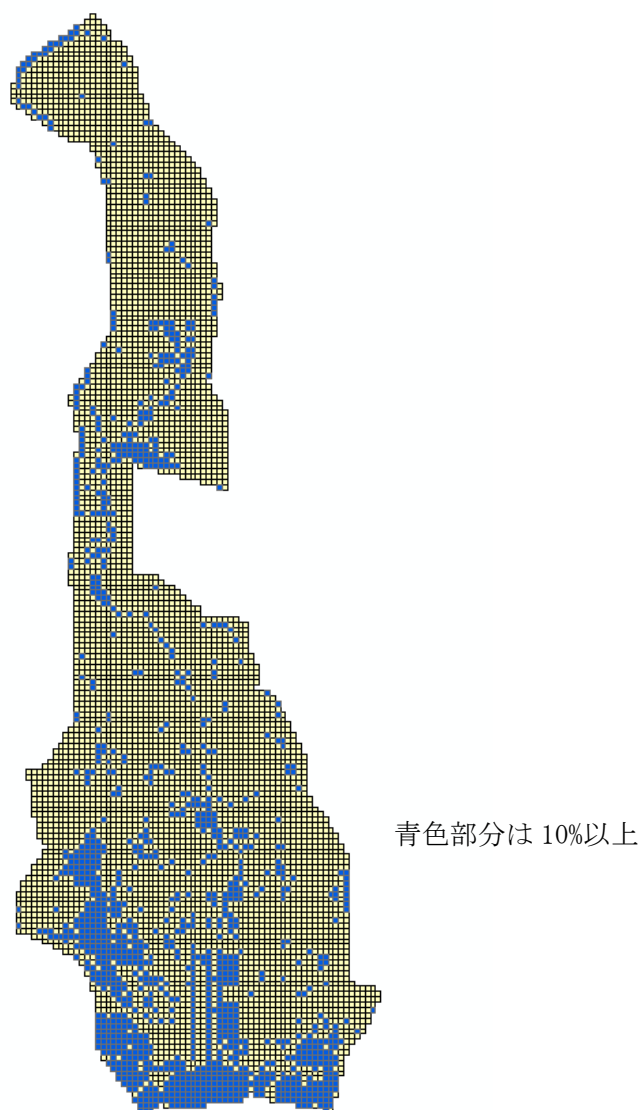


図 2. 2. 38 欠測率計算結果

表 2. 2. 27 欠測率点検結果

全図郭数	10%未満	10%以上
6666	5,416	1,250

欠測率は10%未満を合格ラインとし、10%以上である場合でも水部の影響並びに黒色地物（屋根など）による影響で欠測している場合は合格とした。

なお、検証した欠測率にて制限値(10%)を超えている場合は、作成したオルソ画像を基に、水部ポリゴンを作成した。

調整用基準点調査

調整用基準点と補正処理後のオリジナルデータの標高値を比較検証した。

補正後（補正值 0.00m）のレーザ計測データの標高精度は、全ての調整用基準点に対して、RMS 誤差が規定値 25cm 以内の値であったため良好な結果であった。

表 2.2.28 様式 2-13 調整用基準点残差表

Residual Difference at Control Points for Correction

Form 2-13

Point name	Actual measurements			Before correction			After correction	Difference (m)	Remarks
	X	Y	H	X	Y	H	H		
FCP927	647224.650	1516655.590	1.233	647224.922	1516655.711	1.239	1.239	-0.006	
FCP928	652078.610	1516768.000	1.277	652078.965	1516767.700	1.213	1.213	0.064	
FCP929	656381.369	1516831.224	1.195	656381.369	1516831.224	1.269	1.269	-0.074	
FCP930									Prohibited area
FCP931									Prohibited area
FCP932	673611.209	1519513.910	0.329	673611.209	1519513.910	0.267	0.267	0.062	
FCP933	676960.292	1516382.919	0.512	676960.292	1516382.919	0.665	0.665	-0.153	
FCP934	681972.620	1516918.887	0.262	681972.620	1516918.887	0.335	0.335	-0.073	
FCP935	686722.911	1517361.608	0.994	686722.911	1517361.608	1.085	1.085	-0.091	
FCP936	692559.029	1517561.594	1.441	692559.029	1517561.594	1.371	1.371	0.070	
FCP937	699572.582	1515379.053	0.580	699572.582	1515379.053	0.409	0.409	0.171	
FCP938	705183.326	1517102.443	2.333	705183.326	1517102.443	2.290	2.290	0.043	
FCP939	711074.982	1514645.065	1.174	711074.982	1514645.065	1.135	1.135	0.039	
FCP940	616823.550	1511480.800	2.445	616823.580	1511480.602	2.546	2.546	-0.101	
FCP941	622919.140	1512071.200	1.393	622919.653	1512071.480	1.402	1.402	-0.009	
FCP942	629564.260	1511425.510	1.225	629564.083	1511425.389	1.224	1.224	0.001	
FCP943	637356.010	1511168.880	1.507	637356.065	1511168.914	1.460	1.460	0.047	
FCP944	644376.720	1511032.610	1.071	644376.756	1511032.540	1.163	1.163	-0.092	
FCP945	650038.080	1511991.300	0.299	650038.114	1511991.243	0.291	0.291	0.008	
FCP946	656920.953	1511608.866	1.531	656920.953	1511608.866	1.517	1.517	0.014	
FCP947	662992.606	1511916.897	1.391	662992.606	1511916.897	1.382	1.382	0.009	
FCP948	668280.724	1511587.197	1.343	668280.724	1511587.197	1.289	1.289	0.054	
FCP949	676590.396	1511778.127	0.439	676590.396	1511778.127	0.513	0.513	-0.074	
FCP950	683451.707	1511010.836	1.270	683451.707	1511010.836	1.282	1.282	-0.012	
FCP951	692432.205	1512355.474	1.080	692432.205	1512355.474	1.104	1.104	-0.024	
FCP952	699470.291	1512851.375	0.551	699470.291	1512851.375	0.412	0.412	0.139	
FCP953	706773.544	1510319.158	1.967	706773.544	1510319.158	1.976	1.976	-0.009	
FCP954	623447.340	1504705.760	0.998	623447.222	1504705.906	0.922	0.922	0.076	
FCP955	630472.850	1504597.790	1.140	630472.862	1504597.711	1.286	1.286	-0.146	
FCP956	637498.450	1504991.630	1.873	637498.452	1504991.542	1.907	1.907	-0.034	
FCP957	643745.800	1505172.750	0.991	643745.644	1505172.689	1.040	1.040	-0.049	
FCP958	650325.160	1504970.940	0.671	650324.825	1504970.837	0.657	0.657	0.014	
FCP959	657563.289	1505049.995	1.031	657563.289	1505049.995	1.111	1.111	-0.080	
FCP960	663961.851	1505191.758	0.912	663961.851	1505191.758	1.001	1.001	-0.089	
FCP961	670041.161	1504546.173	1.502	670041.161	1504546.173	1.477	1.477	0.025	
FCP962	677340.873	1505269.517	1.121	677340.873	1505269.517	1.241	1.241	-0.120	
FCP963	684368.380	1505069.123	0.257	684368.380	1505069.123	0.285	0.285	-0.028	
FCP964	689792.074	1504822.865	0.529	689792.074	1504822.865	0.582	0.582	-0.054	
FCP965	695458.679	1505236.249	0.733	695458.679	1505236.249	0.869	0.869	-0.166	
FCP966	700856.551	1505525.514	0.931	700856.551	1505525.514	1.059	1.059	-0.128	
FCP967	706376.388	1504276.888	0.722	706376.388	1504276.888	0.779	0.779	-0.057	
FCP968	627410.930	1498704.860	2.214	627411.064	1498704.551	2.241	2.241	-0.027	
FCP969	633276.670	1497760.620	0.228	633276.858	1497760.542	0.177	0.177	0.051	
FCP970	639030.630	1499258.690	0.952	639030.442	1499258.536	0.924	0.924	0.028	
FCP971	645240.880	1499398.900	0.678	645240.606	1499398.918	0.668	0.668	0.010	
FCP972	650340.390	1498319.530	1.668	650340.328	1498319.557	1.839	1.839	-0.171	
FCP973	657419.725	1499420.373	1.484	657419.725	1499420.373	1.548	1.548	-0.064	
FCP974	662695.849	1498868.234	5.404	662695.849	1498868.234	5.315	5.315	0.089	
FCP975	670082.862	1500440.431	0.942	670082.862	1500440.431	0.975	0.975	-0.033	
FCP976	676310.670	1499515.463	0.748	676310.670	1499515.463	0.778	0.778	-0.030	
FCP977	683060.368	1499645.832	0.738	683060.368	1499645.832	0.719	0.719	0.019	
FCP978	689792.023	1499686.187	1.928	689792.023	1499686.187	2.068	2.068	-0.140	
FCP979	696488.939	1500711.031	0.591	696488.939	1500711.031	0.665	0.665	-0.074	
FCP980	703579.636	1499865.122	1.488	703579.636	1499865.122	1.383	1.383	0.105	
FCP981	631359.350	1491358.320	1.513	631359.440	1491358.156	1.588	1.588	-0.075	
FCP982	637390.110	1492469.080	2.063	637389.963	1492469.177	2.064	2.064	-0.001	
FCP983	644314.210	1492629.140	1.883	644314.468	1492629.104	1.958	1.958	-0.075	
FCP984	651710.910	1493591.950	4.342	651710.980	1493591.914	4.402	4.402	-0.060	
FCP985	658286.264	1493697.748	1.200	658286.264	1493697.748	1.369	1.369	-0.169	
FCP985_1	659134.261	1497688.911	1.226	659134.261	1497688.911	1.225	1.225	0.001	
FCP986	666493.506	1497208.434	4.000	666493.506	1497208.434	3.988	3.988	0.012	
FCP987	671286.669	1497105.893	1.258	671286.869	1497105.756	1.341	1.341	-0.083	
FCP988	677704.606	1496697.628	1.028	677704.606	1496697.628	1.021	1.021	0.007	
FCP989	683655.414	1496757.162	1.300	683655.414	1496757.162	1.276	1.276	0.024	
FCP990	690290.355	1495155.887	1.148	690290.355	1495155.887	1.018	1.018	0.130	
FCP991	698014.569	1493790.095	1.512	698014.569	1493790.095	1.520	1.520	-0.008	
FCP992	702841.330	1493903.051	0.782	702841.330	1493903.051	0.699	0.699	0.083	
							Correction made (m)	0.000	
							Minimum	-0.464	
							Maximum	0.455	
							Mean	-0.005	
							Standard deviation	0.133	
							RMS error	0.133	

2-2-9 オリジナルデータ作成

三次元データ作成の際に、調整用基準点との較差並びにコース間検証の結果が制限を超えた場合もしくは、調整用基準点と三次元データとの検証結果が制限を超えた場合は、標高値を上下の一律シフトの平行移動による補正処理を行った。

なお、本データは計測時における、DOPの影響ならびにコース延長距離が長い為、コース自体にIMUの誤差蓄積が見受けられる。その結果、通常は起こりえないズレが生じていたため、通常は上下一律シフトのみの対応となるが、エッジ処理及びキャリブレーションの見直し及びコースデータの微妙なズレ量の補正処理を行った。

表 2.2.29 コースごとの調整の有無

項目	コース数	備考
調整無し	96	補正無しコース
調整済	542	一律シフト及びエッジ処理で対応したコース
再計算	205	キャリブレーション及び再計算を行ったコース
不採用	192	パスコース及び高高度(3,300ft)コースなど
計	1035	計測コース

上下一律シフト

この処理は、下図のように、コース全体が一定の誤差を持っている場合に、その誤差量をシフトさせることにより、均一化させることである。



図 2.2.39 上下一律シフトの概念図

エッジ処理

この処理は、下図のように、互いのコースのラップ部分を除去することにより、較差を除去させる手法。

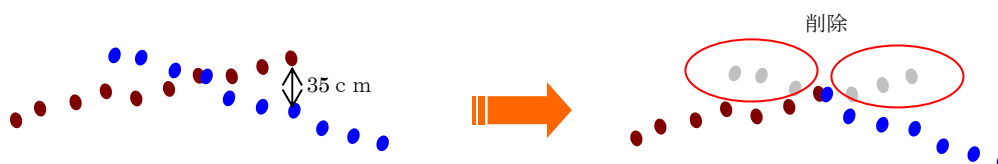


図 2.2.40 エッジ処理の概念図

再キャリブレーション

この処理は、機械誤差の影響によるズレ量(3軸)を再補正する手法。



図 2.2.41 キャリブレーションの概念図

コース単位のズレ補正

この処理は、3軸のズレに加えて、高さ方向のズレが一定ではなく、ばらつきが見受けられるため、TerraScan ならびに TerraMatch を利用して、Fluctuation correction を利用して一点ごとの高さ方向のズレ量を抽出し、補正を行う手法。

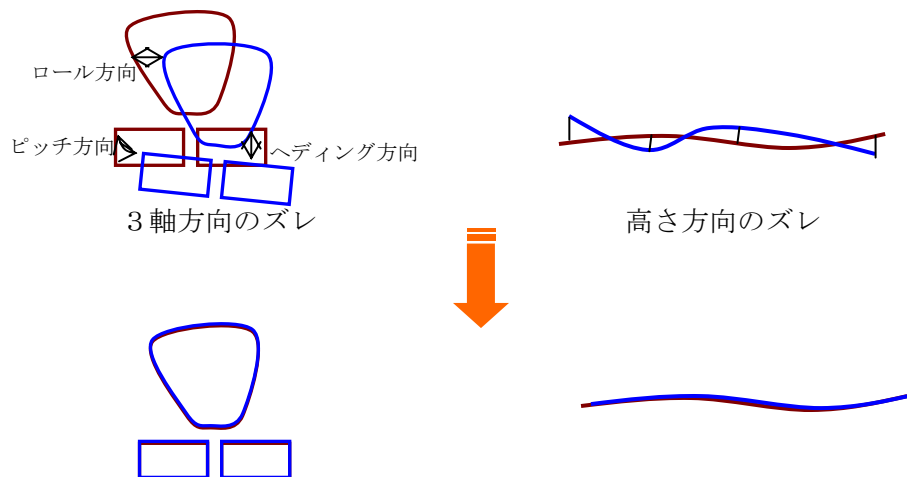


図 2.2.42 コース単位のズレ量補正の概念図

なお、作成されたオリジナルデータは、コース間では、最大 30cm 程度の較差を含んでいるため、標高データにて段彩図表現を行うと、南北の縦筋がみられる箇所がある。航空レーザ計測の精度規定値以内であるが、利活用上注意する必要がある。

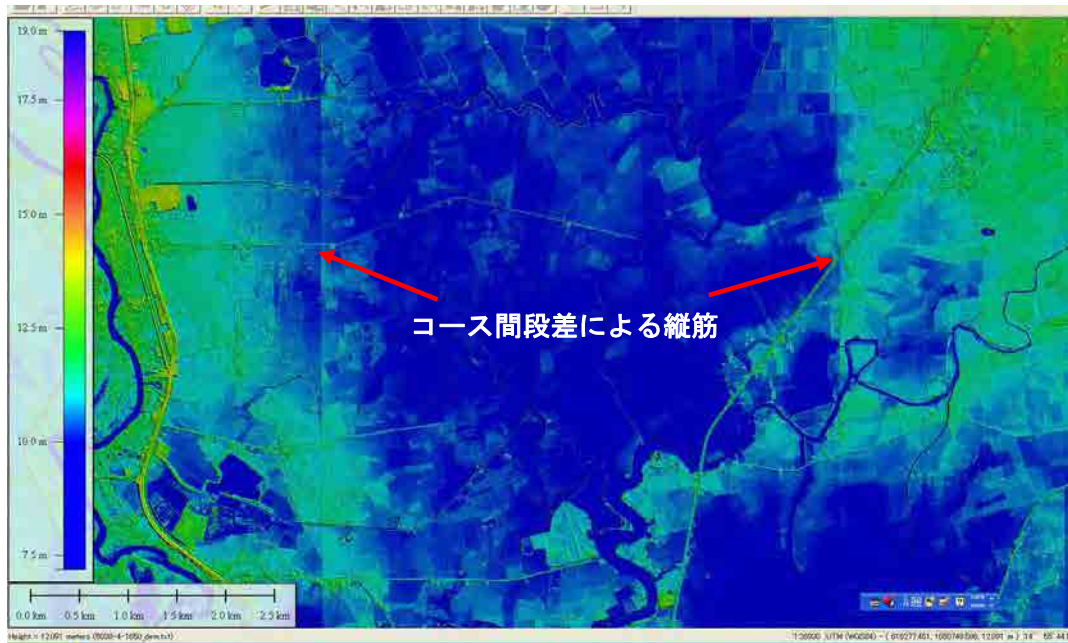
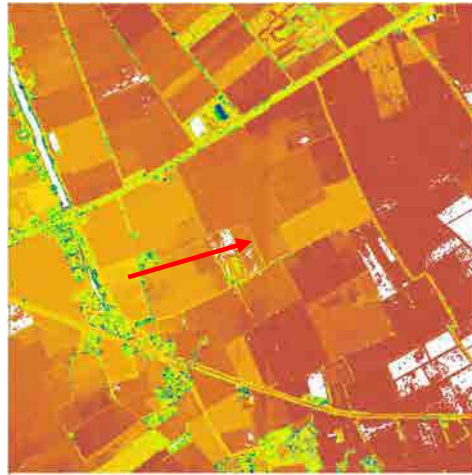


図 2.2.43 段彩図（段差のビジュアル化）

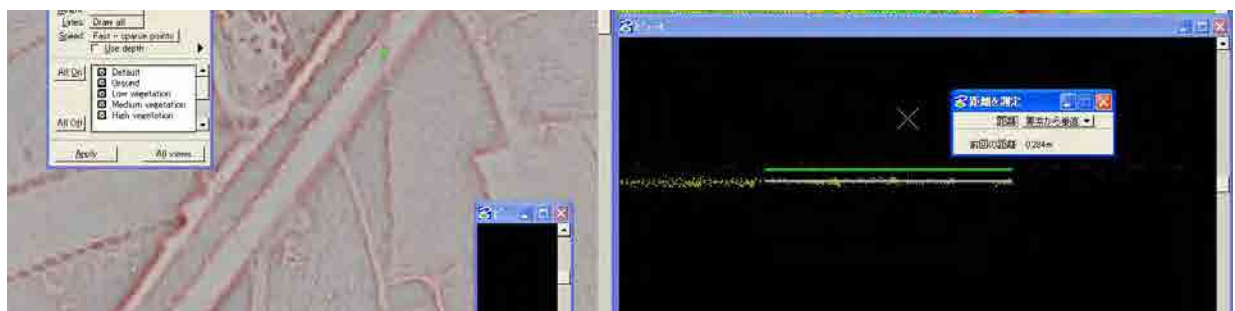


図 2.2.44 段差の断面確認

ただし、段差は規定値の 30cm 以内である。

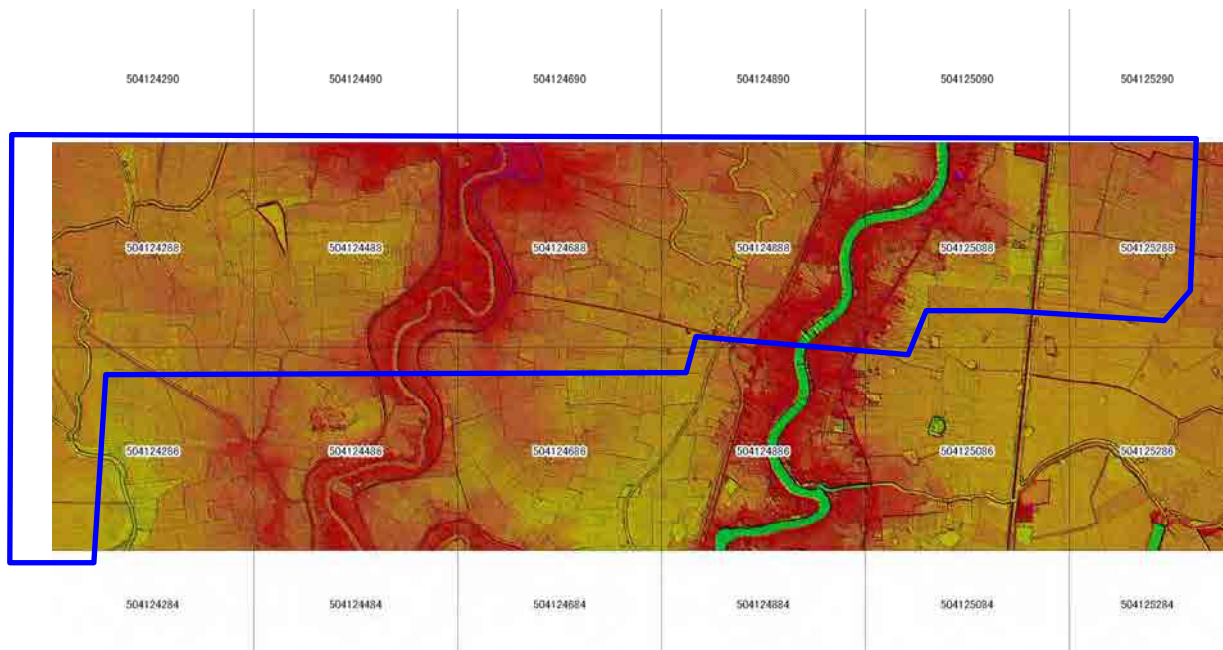


図 2.2.45 段差の断面確認

特に、ブロック間にて標高較差が生じている箇所があり、上記図郭(7図郭)では多少大きな段差が見受けられているため、利用する場合には注意が必要である。

データのフォーマットは、様式 2-18 に準拠したテキストファイル形式で作成した。

ファイル名称 : 5136IV7438_org.txt

Id1, x1, y1, z1, p1	Id	:ファイル内でユニークな一連番号
id2, x2, y2, z2, p2	X1,y1	:計測座標値(m 単位で小数点 2 桁まで)
: : : : :	Z1	:標高値(m 単位で小数点 2 桁まで)
idn, xn, yn, zn, pn	px	: x はパルス番号

2-2-10 グラウンドデータ作成

グラウンドデータは、オリジナルデータのうち地表面の標高を示すデータを言い、オリジナルデータからフィルタリングを行い作成する。なお、フィルタリングする項目は、日本スタンダードに準拠して、タイ国オリジナルの仕様(図 2.2.46～図 2.2.49)を作成した。

表 2.2.30 フィルタリング項目

交通施設	道路施設等	道路橋(長さ 5m 以上)、高架橋、横断歩道橋照明灯、信号灯、道路情報板等
	鉄道施設	鉄道橋(長さ 5m 以上)、高架橋(B・T・S の高架橋含む)、跨線橋、プラットフォーム、プラットフォーム上屋、架線支柱、信号灯支柱
	移動体	駐車車両、鉄道車両、船舶
建物等	建物及び 付属施設等	一般住宅、工場、倉庫、公共施設、駅舎、無壁舎(温室、ビニールハウス)、競技場のスタンド、門、プール(土台部分含む)、へい
小物体		記念碑、貯水槽、肥料槽、給水塔、起重機、煙突、高塔、電波塔、灯台、灯標、輸送管(地上、空間)、送電線
水部等	水部に関する構造物	浮き栈橋、水位観測施設、河川表示板
植生		樹木 ^{※1} 、竹林 ^{※1} 、生垣 ^{※1}
その他	その他	大規模な改変工事中の地域 ^{※2} 、地下鉄工事等の開削部、資材置場等の材料、資材
備考		※1 地表面として、判断できる部分は可能な限り採用するものとする。 ※2 地表面として、ほぼ恒久的であると判断できるものは採用するものとする。

	automatic filtering	manual filtering	説明
道			あぜ道の採用 (道7.5m以上は必ず採用する)
	道幅は地形の立ち上がりから幅を計る		
道			建物長さ50m以下で 一部建物で地表にポイントがない場合 ブレイクポイントで道を補間
道			樹木や建物であぜ道に地表ポイントがない場合 (道の橋高がないためbreak pointの標高が決められない) 修正なし
道			中央分離帯の地形ふくらみ 採用
河川			建物による 河川沿いの地形の崩れ 修正なし

図 2.2.46 フィルタリング仕様


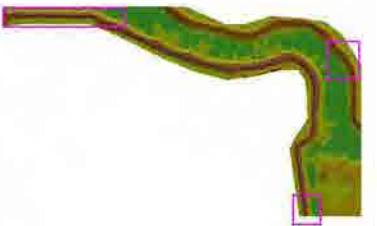
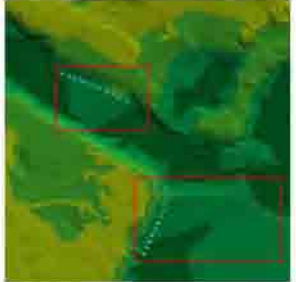

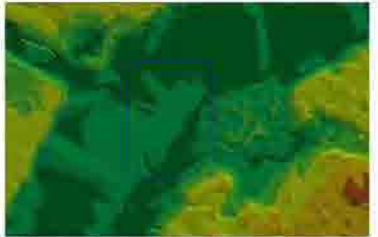
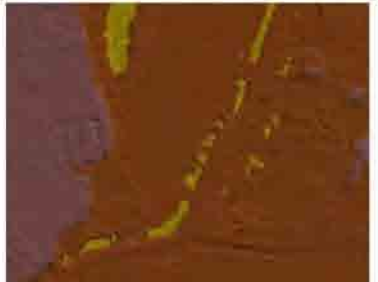
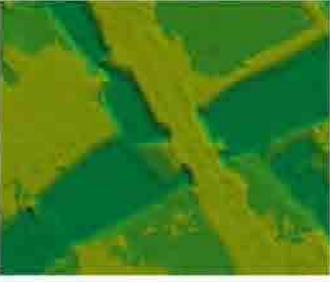
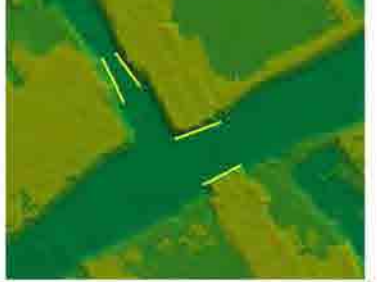
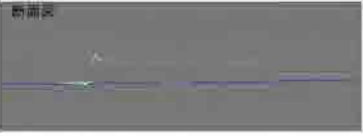
	automatical filtering	manual filtering	説明
河川			河川幅7.5m以上の 堤防・土手の採用 (土手をオリジナルで復元する)
河川			陸上から河川に掛けての引っ張り 修正なし ※ただし、両岸が陸と同じ高さで繋がっている場合は break pointを入れる
河川			河川 陸上からのTIN引っ張りなしのため、修正なし
河川			流域での標高差は修正なし
河川			河川幅7.5m未満 両岸のTIN引っ張り 修正なし
河川			断面図  河川幅7.5m以上に架かっている橋は除去

図 2.2.47 フィルタリング仕様


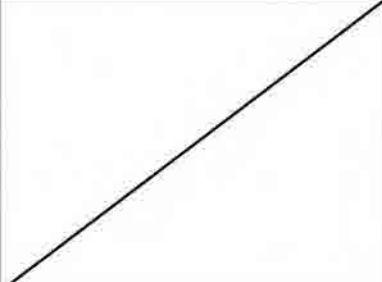

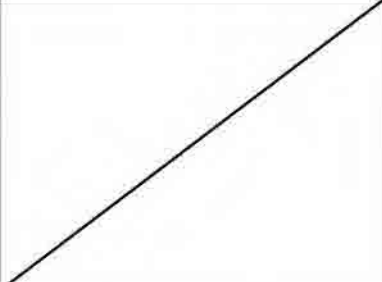

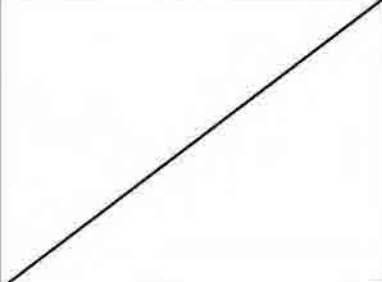

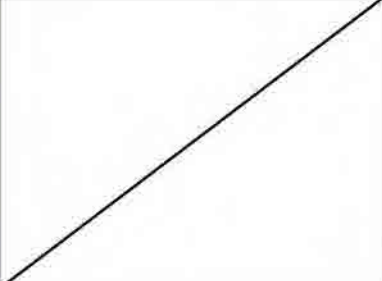



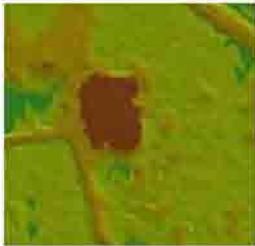
	automatic filtering	manual filtering	説明
河川			断面図 杭口は採用
河川			水路の水葺 修正なし
池			池 陸上から池へ、TINの引っ張り 修正なし
田			田 陸上から田へのTINの引っ張り 修正なし
地形			地形のふくらみ 採用
建物			建物の除去

図 2.2.48 フィルタリング仕様

	automatic filtering	manual filtering	説明
建物			養殖場の建物除去
堀			堀復元
植物			サトウキビ畑のような畑 地表からの標高差1~3m 植物除去 不採用
植物			下草 修正なし(自動フィルタリングのまま)
植物			稲 修正なし(自動フィルタリングのまま)
植物			

図 2.2.49 フィルタリング仕様

フィルタリング処理は TerraScan (TerraSolid 社製) を用いて自動処理を行った。下記に処理に利用したパラメータを示す。

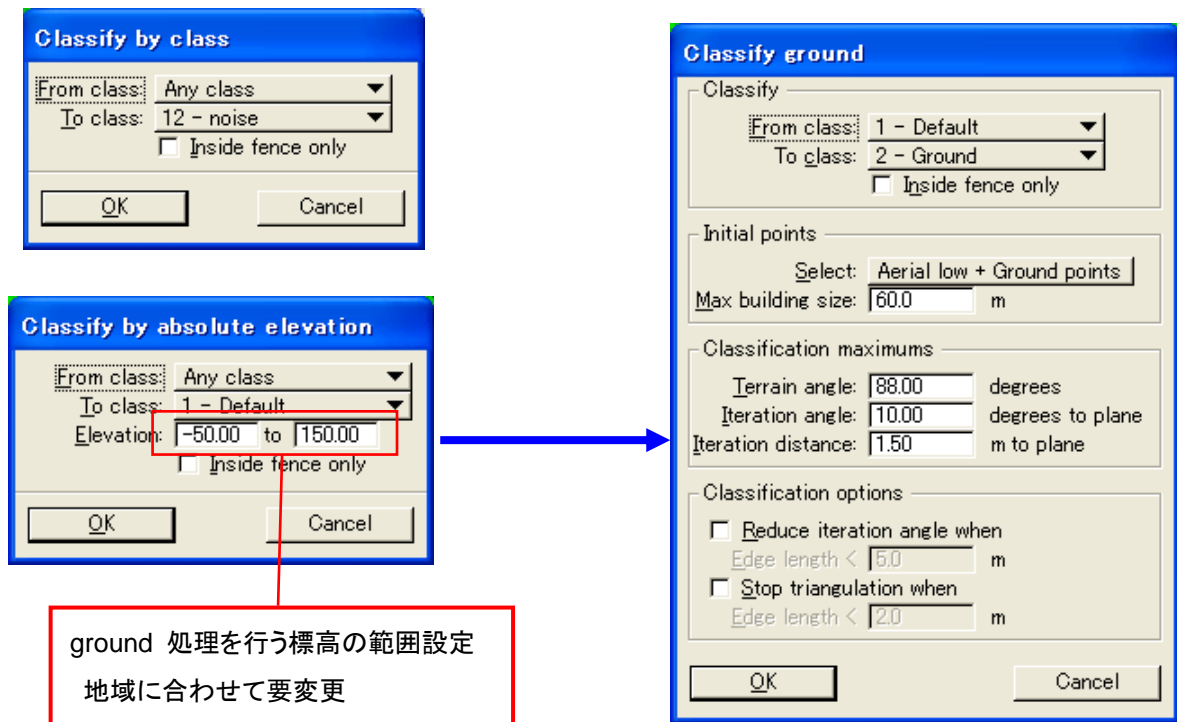


図 2. 2. 50 自動フィルタリングパラメータ設定

自動処理を行ったデータに関しては、目視点検を実施し、不適切な箇所は、対話型の手動処理ソフト ArcGIS (ESRI 社製) などにて編集を行った。なお、点検の際には傾斜区分図等の地形判読が可能な地形図データを用いて地形の不具合箇所の修正を行った。なお、全面点検の上、プロジェクトオフィス内で抜き取り検査を全体量の 2%行い、不備の無いことを確認した。

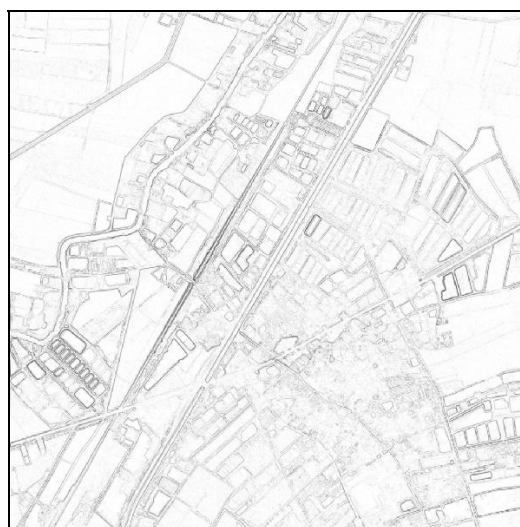


図 2. 2. 51 傾斜区分図の例

なお、最終的なグラウンドデータは、図 2.2.52 の通りであり、建物や樹木等の地物を除いた地表面だけのポイントデータとなる。データフォーマットは、様式 2-18 に準拠したテキストファイル形式で作成した。

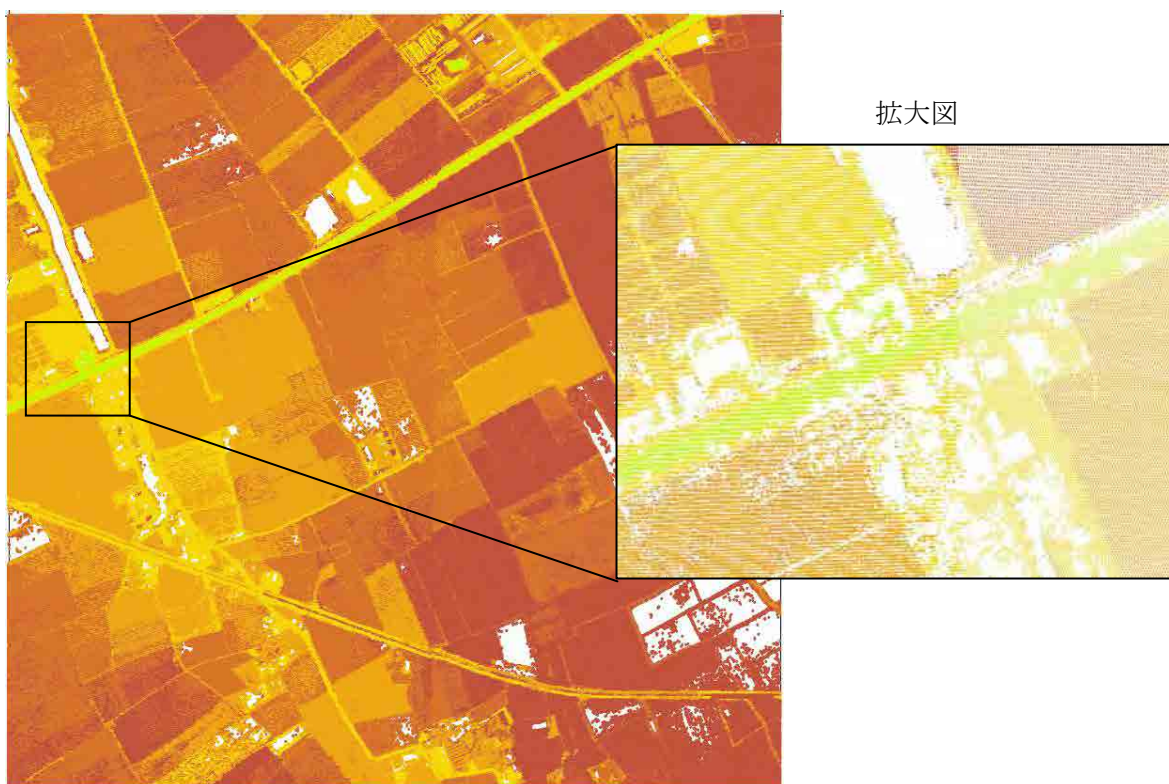


図 2.2.52 グラウンドデータ

ファイル名称 : 5136IV7438_grd.txt

Id1, x1, y1, z1
id2, x2, y2, z2
: : :
idn, xn, yn, zn

Id : ファイル内でユニークな一連番号
X1,y1 : 計測座標値(m 単位で小数点 2 桁まで)
Z1 : 標高値(m 単位で小数点 2 桁まで)

2-2-11 グリッドデータ作成

グラウンドデータから内挿補間により 2m 間隔のグリッドデータを作成した。その際の内挿補間は、グラウンドデータの標高値を、そのまま引用可能な TIN 法を用いた。なお、点検の際には傾斜区分図データを用いて地形の点検を行った。一部オリジナルデータの章でも記載しているが、コース間の較差の影響により、筋が見えることがあるが、精度内に納まっているため、良好のデータであると判断している。データフォーマットは、様式 2-18 に準拠したテキストファイル形式で作成した。

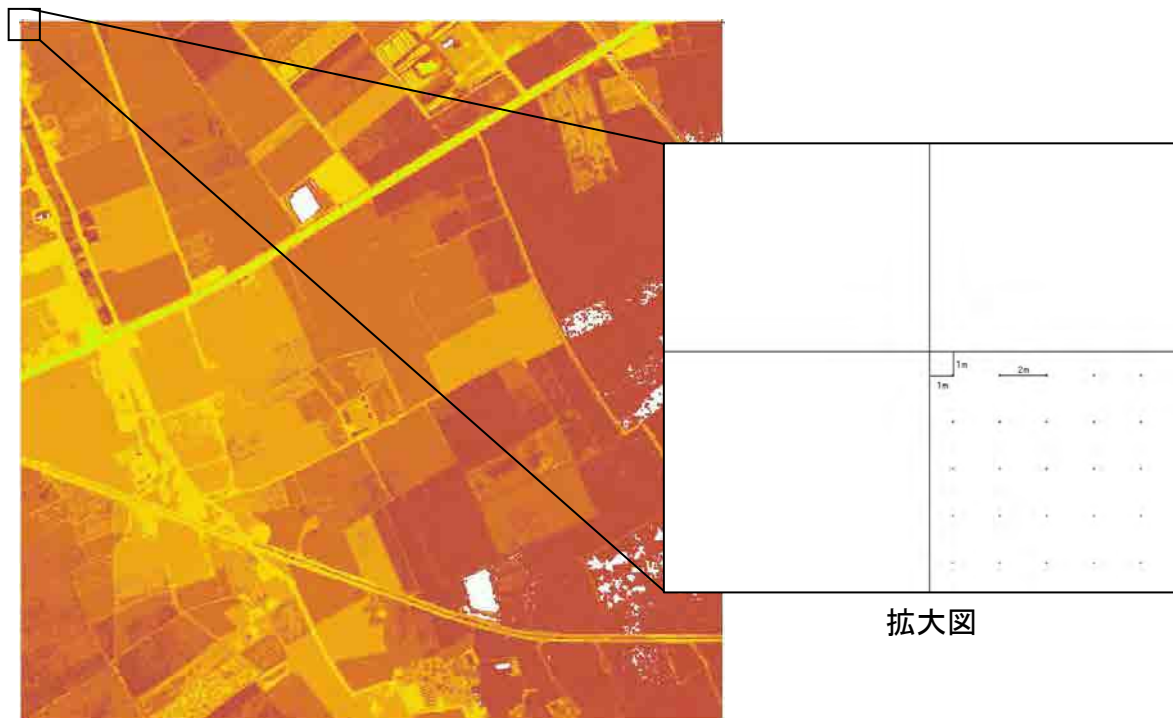


図 2.2.53 グリッドデータの例

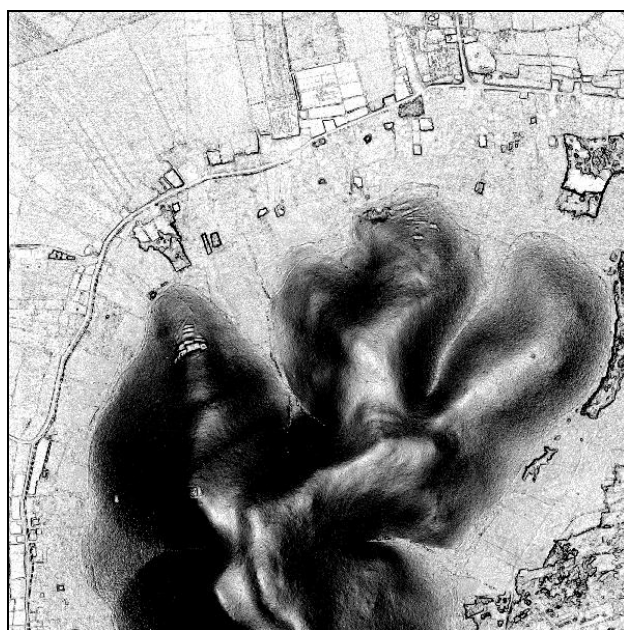


図 2.2.54 傾斜区分図の例

2-2-12 等高線データの作成

等高線は、グリッドデータより、近傍統計を 3×3 セルによる平均で算出することにより平滑化処理を行い、等高線を 1m 間隔で自動抽出した。当初、等高線間隔は 2m 間隔で作成することとしていたが、図 2.2.55 を見ても分かる通り、2m 間隔の等高線では、あぜ道等の表現が出来ないため、1m 間隔の等高線を作成した。また、0.5m 間隔も検討したが、田んぼの中などで、細かい等高線が作成されてしまうため、逆に使いづらいデータとなるため、1m 間隔が妥当と判断した。

なお、計曲線を 5m、主曲線を 1m とし、データファイル形式は Shape ファイルとした。



図 2.2.55 等高線データの比較

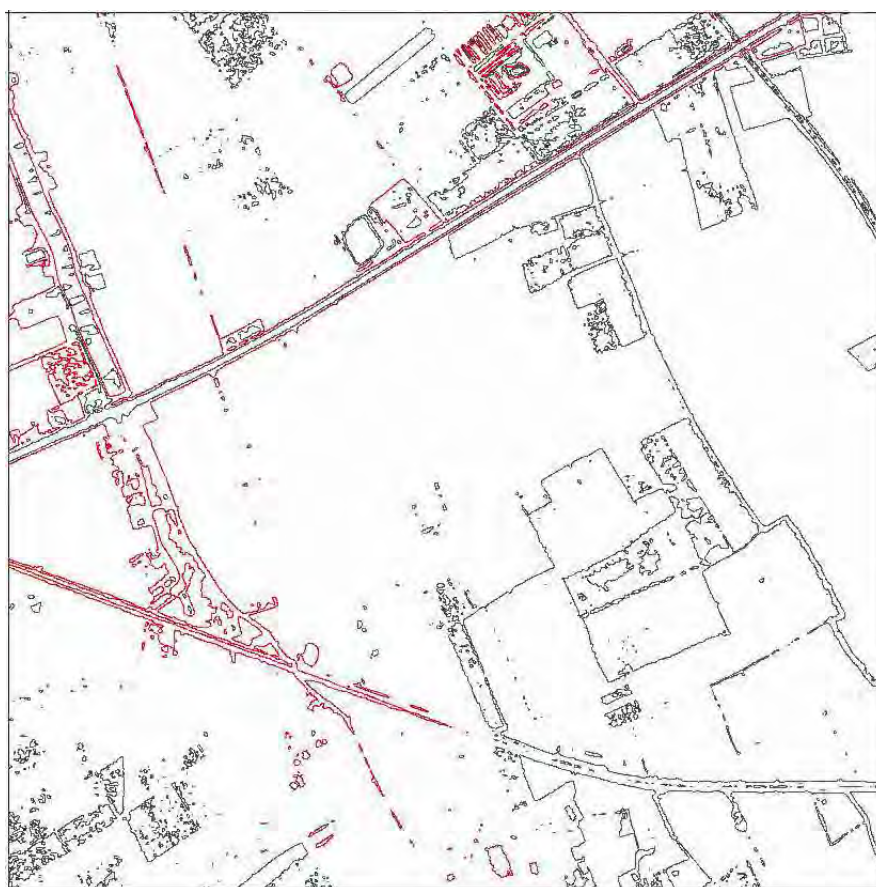


図 2.2.56 等高線データ (赤線：計曲、黒線：主曲)

2-2-13 デジタル空中写真撮影

航空レーザ計測と同時に下記の CCD カメラで地表面画像データを取得する。撮影は、航空レーザ計測システムに同時搭載のデジタルカメラを用いて撮影した。対象地域の標高データを把握することが主目的であるため、雲量制限は行わない。

【計測用 CCD カメラ (RCD105) の諸元】

- ・ レンズ焦点距離 59.694mm
- ・ 画像サイズ (飛行直角方向) 7162 pixel
- ・ 画像サイズ (飛行方向) 5389 pixel
- ・ ピクセルサイズ 6.8 μ m
- ・ 撮影画像の地上解像度 約 35cm



表 2.2.31 投入機材

	機体番号	機種	航空レーザ計測機器	デジタルカメラ
1	HS-RSI	Piper PA-31-350	Leica ALS50-II (SN58)	Leica RCD105
2	OO-MAP	Cessna 404	Leica ALS60 (SN6125)	Leica RCD105
3	VH-WGS	Cessna 404	Leica ALS50 (SN31)	—
4	VH-AZU	Cessna 404	Leica ALS50-II (SN87)	ProSilica

なお、VH-WGS については、カメラを搭載していないため、VH-WGS では撮影禁止区域(約 600k m²)を重点的にフライトを行い、通常エリアについては、別機体でのフライトを行い、画像の抜けがないようにフライトを行った。

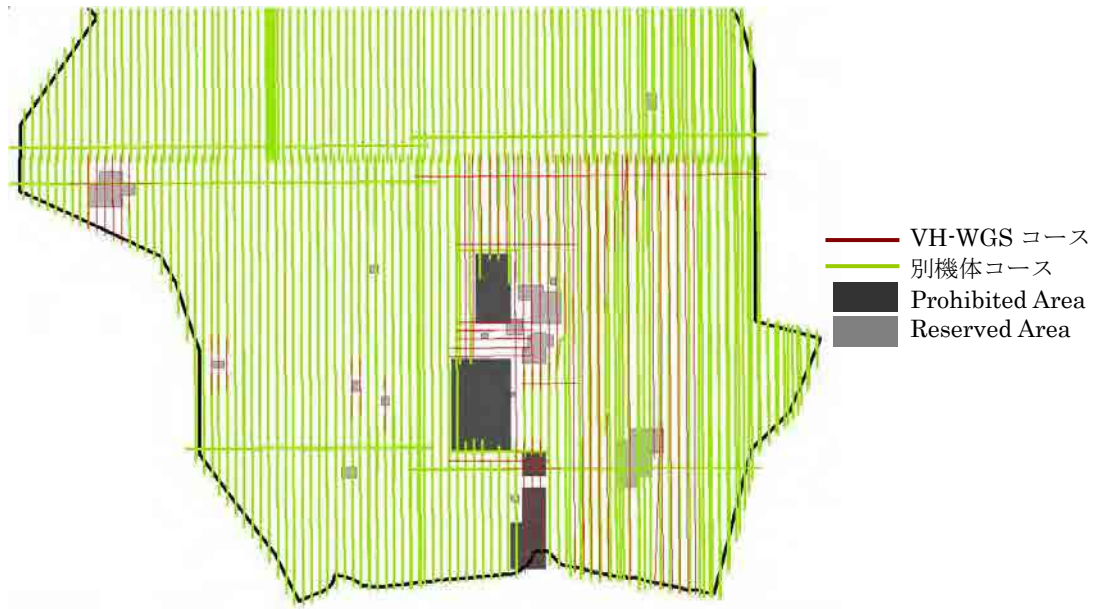


図 2.2.57 VH-WGS のフライトコース

2-2-14 オルソフォトデータ作成

撮影した地表面画像データならびに外部標定要素（写真の位置情報）を基に、カメラの傾き・土地の比高による歪みを補正したデジタルオルソフォトデータを作成した。なお、作成するオルソフォトデータの地上解像度は 0.5m とした。データファイル形式は Tiff ファイルとした。

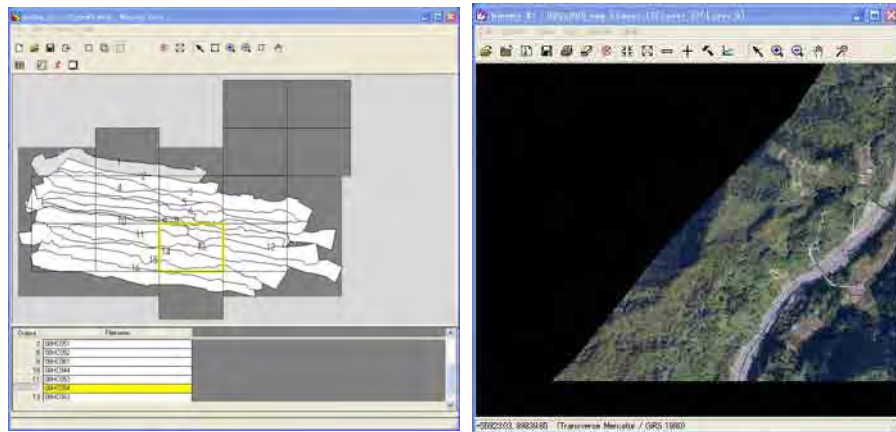


図 2. 2. 58 オルソフォト作成(Erdas Imagine の例)



雲入り無し

雲入り有り

図 2. 2. 59 オルソフォトの例

なお、欠測率にて制限値(10%)を超えている場合は、作成したオルソ画像を基に、水部ポリゴンを作成した。その際の川幅は 7.5m 以上とし、池などについては 7.5m×7.5m 以上のものを対象とした。



図 2. 2. 60 水部ポリゴン

2-2-15 データ検証

データ検証では、下表のように国内作業で得られた成果を確認・検証を行い、課題が残る場合の再計測や再データ作成の指示を迅速に行うものとした。なお、下表より前章までに記載していない項目について、記載する。

表 2.2.32 データ検証内容

検証項目	点検内容
画像・データ検閲	画像・データ検閲の確認及び反映
三次元計測データ点検	制限値(0.25m)内であるか？
コース間点検調査	制限値(0.30m)内であるか？
欠側率点検	制限値(10%)内であるか？
調整用基準点調査	補正処理が必要か？
立体地形図社内点検	地形表現の確認
グラウンドデータ作成精度管理表	精度管理結果の確認
標高データ作成精度管理表	精度管理結果の確認
数値データファイル作成精度管理表	精度管理結果の確認
等高線データ点検	地形表現の確認
オルソフォトデータ点検	地形表現の確認
水部ポリゴン点検	水部範囲の確認
雲ポリゴン点検	雲部範囲の確認

1) 画像・データ検閲

本業務では計測データに関してタイ王立測量局において軍事機密等のデータを削除するため検閲作業が行われた。検閲が必要なエリアは事前に RTSD との協議により取り決めた。その分類及び位置図を下記に示す。

Prohibited Area : 計測のためのフライトも出来ないエリア

Reserved Area : 軍規制エリア(Military Secured Area)や空港管理局規制エリア(Civil Aviation Secured Area)などのエリアが含まれており、これらのエリアは別途計測の許可を取得して計測を行った。このエリアは一般公開できない場所であるためデータ削除を行った。これを Level1 データと呼び、削除していないデータは Level0 と呼ぶ。Level0 はタイ国政府内でデータ利用の許可を得た組織のみが利用することが出来る。

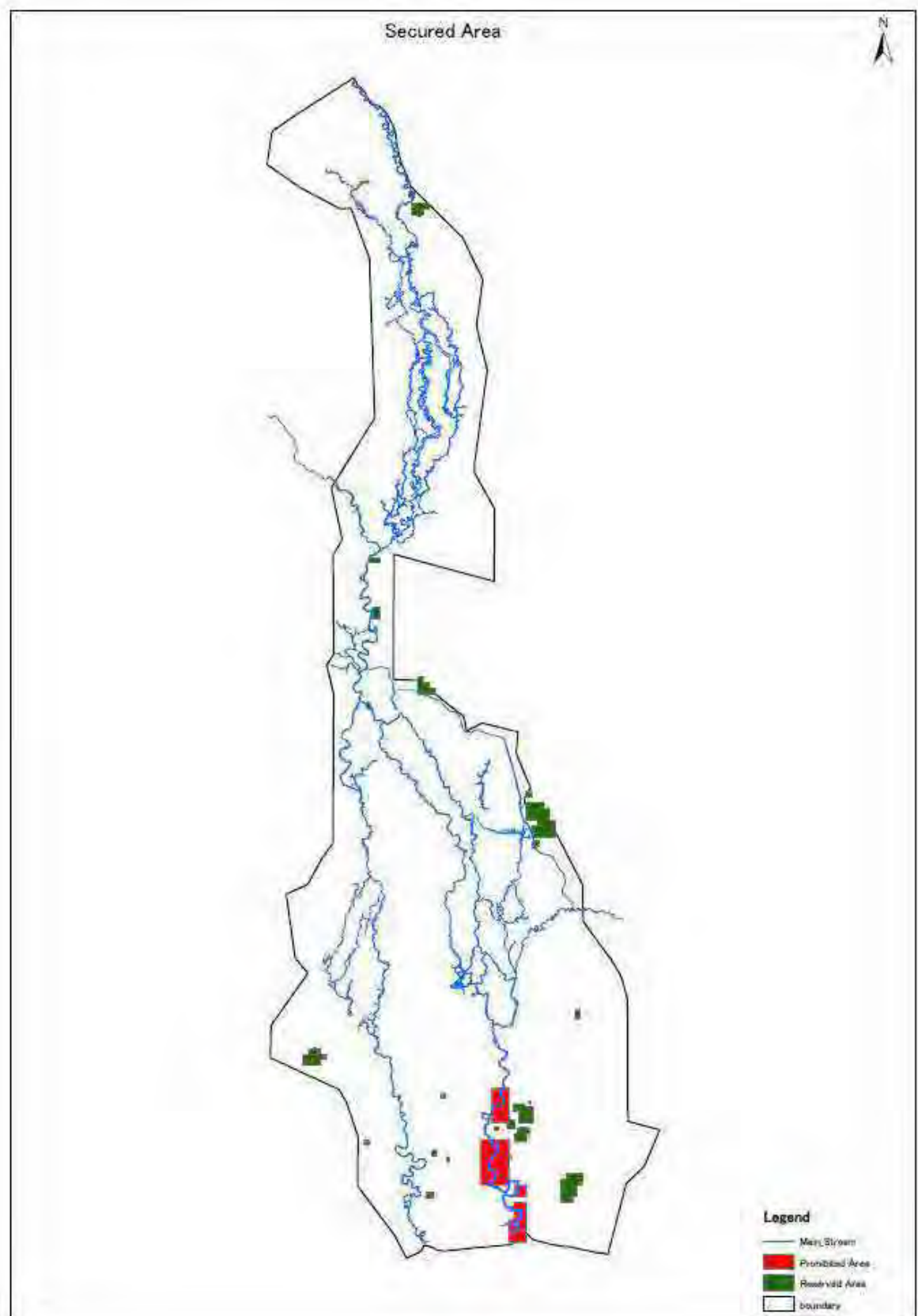


図 2.2.61 規制エリア

制限地域のデータマスク

本件の航空レーザ計測では図 2.2.61 に示した制限地域があるため、制限地域の計測コースに限り制限地域の計測データを除去し測量成果とした。表 2.2.34 に計測データの切り出し位置を示す。

表 2.2.33 調整用基準点調査表の例

計測日	航空機	LINE ID	LINE NUMBER	File Rename	ファイル切り出し	
					First File Number	Last File Number
3月23日	HS-RSI	120323_051153	6305	LDR120323_051153_0_10_1+35cm	1	32
				LDR120323_051153_0_10_2+35cm	38	59
4月11日	HS-RSI	120411_042500	609	LDR120411_042500_0_10_1	2	12
3月31日	OO-MAP	120331_023514	6312	LDR120331_023514_0_10_1+39cm	1	2
				LDR120331_023514_0_10_2+39cm	7	18
4月10日	VH-WGS	120410_024101	ADD_8R	LDR120410_024101_0_10_1	1	8
				LDR120410_024101_0_10_2	12	13
		120410_024639	P16R	LDR120410_024639_0_10_1	1	4
				LDR120410_024639_0_10_2	8	11
		120410_025508	6318R	LDR120410_025508_0_10_1	1	3
				LDR120410_025508_0_10_2	7	18
				LDR120410_025508_0_10_3	25	27
		120410_030326	6315R	LDR120410_030326_0_10_1	1	8
				LDR120410_030326_0_10_2	13	16
				LDR120410_030326_0_10_3	21	23
		120410_030955	6314R	LDR120410_030955_0_10_1	1	4
				LDR120410_030955_0_10_2	8	12
				LDR120410_030955_0_10_3	16	19
				LDR120410_030955_0_10_4	26	27

なお、業務実施途中の検閲では下記の検閲が行われた。

- (1) 計測中検閲（航空機上）：計測用航空機に同乗したセキュリティーオフィサーにより、フライト禁止エリアの計測が行われていないかどうか監視が行われた。
- (2) 計測後データ検閲（空港）：計測後ダウンロードデータの画像より、規制エリアの計測がある場合はそのデータを削除あるいは保管し後処理に回さないための検閲がセキュリティーオフィサーにより行われた。
- (3) 一次処理後データ検閲（プロジェクトオフィス）：一次処理済の画像及び処理後データを日本へ発送する前のデータに規制エリアが含まれていないかどうかの検閲がセキュリティーオフィサーにより行われた。
- (4) データ作成後検閲（日本での各作業場）：Level0 及び Level1 データを作成後に規制エリアが確実に削除されているかどうかの検閲がセキュリティーオフィサーにより行われた。
- (5) 最終成果検閲（プロジェクトオフィス）：Level0 及び Level1 データとして作成され多最終成果で規制エリアが確実に削除されているかどうかの検閲がセキュリティーオフィサーにより行われた。

2) 立体地形図社内点検

点検項目として、以下の点に着目してフィルタリングの不備な箇所の目視点検を行った。

- ・フィルタリングが適切に行われているかを確認。
- ・突出箇所、たとえば、傾斜角が大きい場所においては、原因を確認。



図 2.2.62 オルソ画像

オリジナルデータを傾斜区分図で表示すると DSM を表示することになり、下記のように傾斜角が大きい箇所が表現される。



図 2.2.63 オリジナル

グランドデータを傾斜区分図で表示すると DTM を表示することになり、下記のように傾斜角が小さい箇所が全体を占める。



図 2.2.64 グランドデータ 傾斜区分図

3) グラウンドデータ作成精度管理表

作成したグラウンドデータについては、1/4,000 図郭単位で各種点検を行った結果を精度管理表として纏めた。

表 2.2.34 グラウンドデータ作成作業精度管理表
Ground Data Task of creating Accuracy control table

Name of work Area	Chao Phraya River			The amount of work	9880	Implementing institution	JICA Study TEAM		
						Verified	Koichi Honji		
						Implemented	Youichi Moriya		
Inspection records of filtering									
Map Number	Traffic facility			Building	Small Objects	Water	Vegetation	Other	Remarks
	Road facilities	Railway facilities	Moving object						
503515490	0	0	0	0	0	0	0	0	
503515492	0	0	0	0	0	0	0	0	
503515692	0	0	0	0	0	0	0	0	
503515892	0	0	0	0	0	0	0	0	
503516092	0	0	0	0	0	0	0	0	
503516292	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615422	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615424	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615426	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615428	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615430	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615432	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615434	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615436	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615438	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615440	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615442	0	0	0	0	0	0	0	0	
503615444	0	0	0	0	0	0	0	0	

なお、最終点検の結果を記載するため、検査結果は「0」となる。

4) グリッドデータ作成精度管理表

作成したグリッドデータについては、1/4,000 図郭単位で各種点検を行った結果を精度管理表として纏めた。

表 2.2.35 グリッドデータ作成作業精度管理表
Grid data Task of creating Accuracy control table

Name of work Area	Chao Phraya River			The amount of work	9880	Implementing institution	JICA Study TEAM		
						Verified	Koichi Honji		
						Implemented	Youichi Moriya		
Grid data the task op creating Inspection records									
Map number	Error of Elevation value	Lack of grid	Lack of attribute data	Lack of joint	Remarks				
503515490	0	0	0	0					
503515492	0	0	0	0					
503515692	0	0	0	0					
503515892	0	0	0	0					
503516092	0	0	0	0					
503516292	0	0	0	0					
503615422	0	0	0	0					
503615424	0	0	0	0					
503615426	0	0	0	0					
503615428	0	0	0	0					
503615430	0	0	0	0					
503615432	0	0	0	0					
503615434	0	0	0	0					
503615436	0	0	0	0					
503615438	0	0	0	0					

なお、最終点検の結果を記載するため、検査結果は「0」となる。

5) 数値データファイル作成精度管理表

作成したグリッドデータについては、1/4,000 図郭単位で各種点検を行った結果を精度管理表として纏めた。なお、水部ポリゴンの作成対象ではない図郭については、斜線としている。

表 2.2.36 数値地形図データファイル作成作業精度管理表

Figure terrain data file task of creating accuracy control table

Name of work Area	Chao Phraya River	The amount of work	9880	Implementing institution	JICA Study TEAM			
				Verified	Koichi Honji			
				Implemented	Youichi Moriya			
Figure terrain data file task of creating Inspection records								
Map Number	Original data		Ground data		Grid data		Water Polygon	Remarks
	Graphic quality of the file structure point	Quality of the file structure attribute point	Graphic quality of the file structure point	Quality of the file structure attribute point	Quality of the header format	Quality of the text format	Quality of the polygon file structure	
503515490	0	0	0	0	0	0	0	
503515492	0	0	0	0	0	0	0	
503515692	0	0	0	0	0	0	0	
503515892	0	0	0	0	0	0	0	
503516092	0	0	0	0	0	0	0	
503516292	0	0	0	0	0	0	0	
503615422	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615424	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615426	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615428	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615430	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615432	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615434	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615436	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615438	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615440	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615442	0	0	0	0	0	0	斜線	
503615444	0	0	0	0	0	0	0	
503615446	0	0	0	0	0	0	0	

なお、最終点検の結果を記載するため、検査結果は「0」となる。

6) 等高線データ点検

等高線データ点検はグリッドデータより等高線を作成し、地形形状の不自然な箇所がないかを GIS ソフトウェアを使用し目視確認を行った。

点検は以下の 3 項目に対し行った。

- ・ 等高線の間隔が 1m になっているかを点検
- ・ 等高線データの誤記と脱落
- ・ 等高線データ形状の良否

作成した等高線の主曲線を青、計曲線を黒で表示し位置の確認を行った。

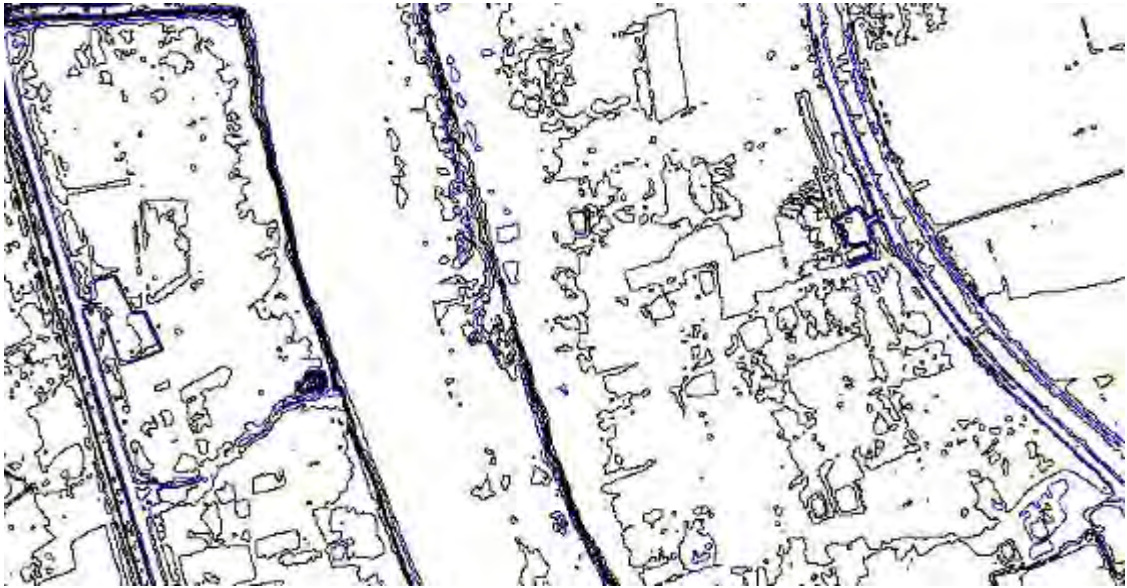


図 2.2.65 等高線データ

位置の確認はオルソ画像を重ね確認を行った。

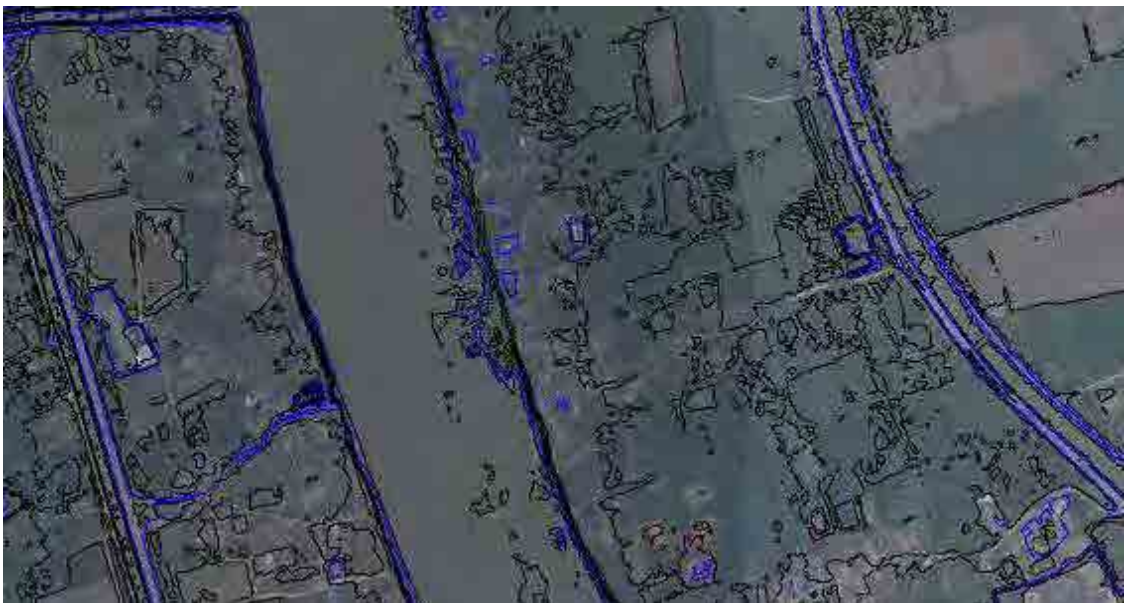


図 2.2.66 等高線とオルソ画像に重ねたもの

標高値の属性を表示し、属性の誤記及び脱落を目視確認した。

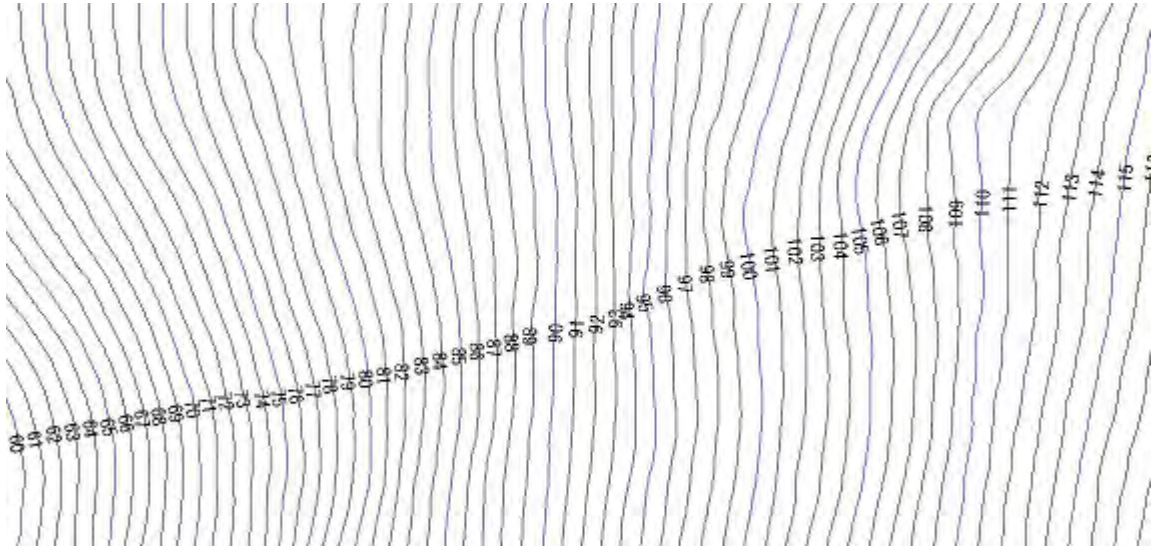


図 2.2.67 標高値属性を表示

形状に異常がないか確認を行った。

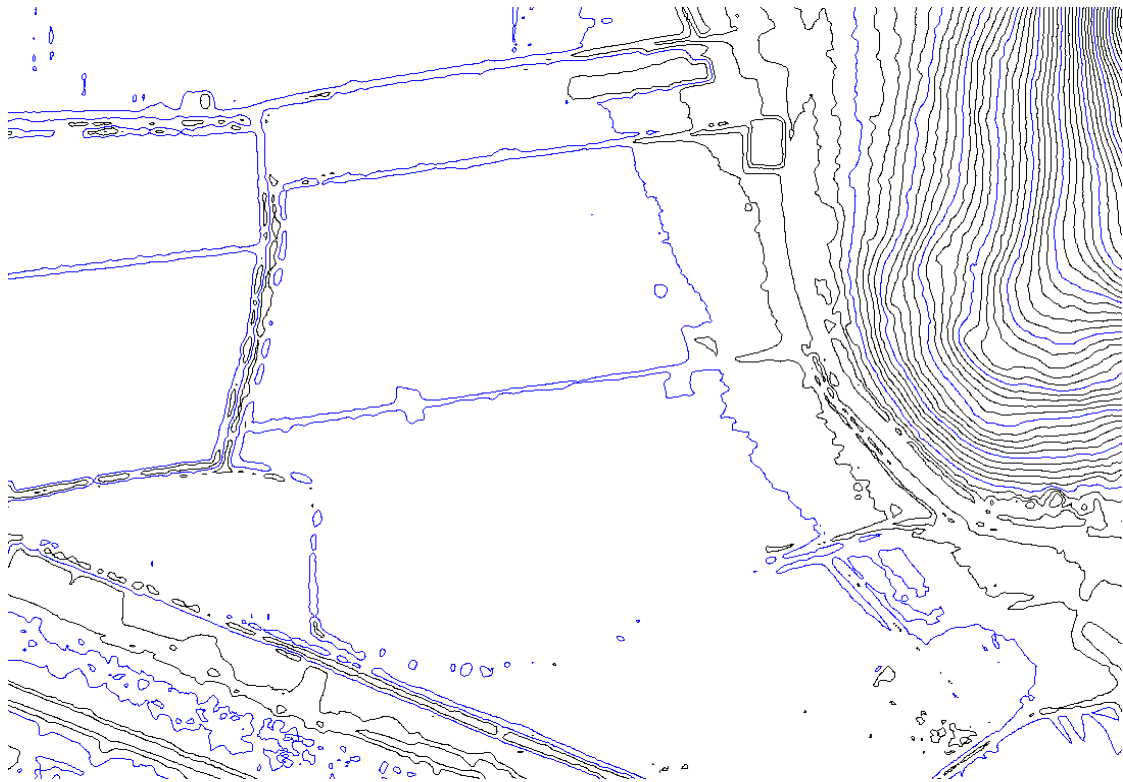


図 2.2.68 等高線形状の確認

7) オルソフォトデータ点検

オルソフォトデータ点検は使用目的が三次元計測データの欠測率が 10%以上の場合の原因を確認するため、またフィルタリングを行う際の地物判読に使用するため、フィルタリング作業範囲に対し、オルソ作成で空白になった箇所の原因、またオルソ作成した位置を GIS ソフトウェアにて目視確認した。

空白エリアは以下のエリアで確認され、主に以下の原因があげられた。

- ・コース間でのサイドラップ切れ。
- ・飛行禁止区域範囲



図 2.2.69 サイドラップ切れの例

オルソ作成時に使用する画像の不備があった場合、以下のように位置がずれる場合があり、原因を確認し修正した。



図 2.2.70 オルソ作成エラー点検箇所の例

8) 水部ポリゴン点検

欠測率で制限値(10%)を超えている図郭は、作成したオルソ画像を基に、水部ポリゴンを作成した。その際の川幅は 7.5m 以上とし、池などについては 7.5m×7.5m 以上のものを対象とした。

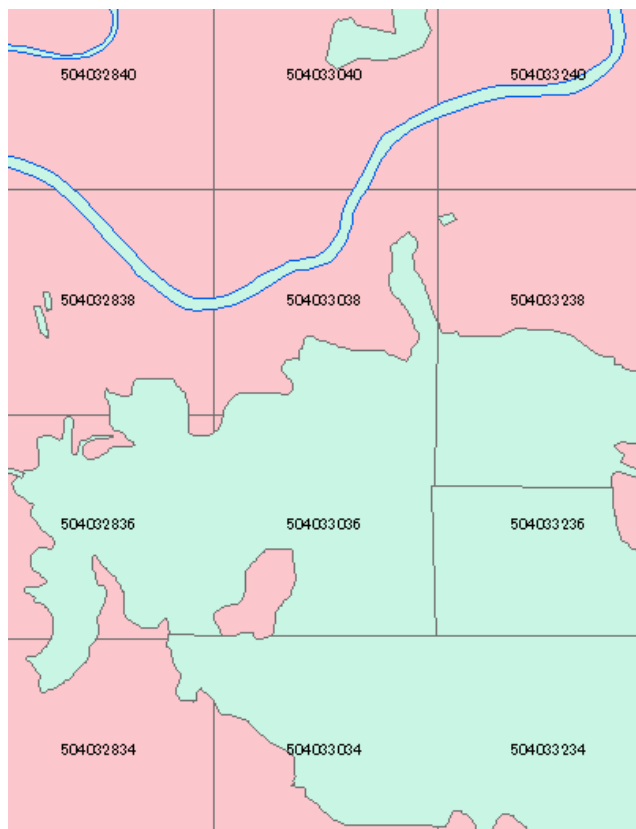


図 2.2.71 水部チェック (水色部分が水部)

9) 雲ポリゴン点検

調査対象区域 (24,700 km²、全図郭 6666) のデータ計測終了後、データの欠落部分の有無を点検した。その結果、データの欠落部分が確認(約 43k m²)され、その殆どは雲によるものと判明した。調査団はその部分を雲ポリゴンとして、Shape ファイルでデータ化し集計した。

データの取得はレーザデータとオルソ写真を使用した。雲があっても重複したデータ (オーバーラップ或いはサイドラップ) があり、いずれかでデータの取得が可能な部分は除外した。

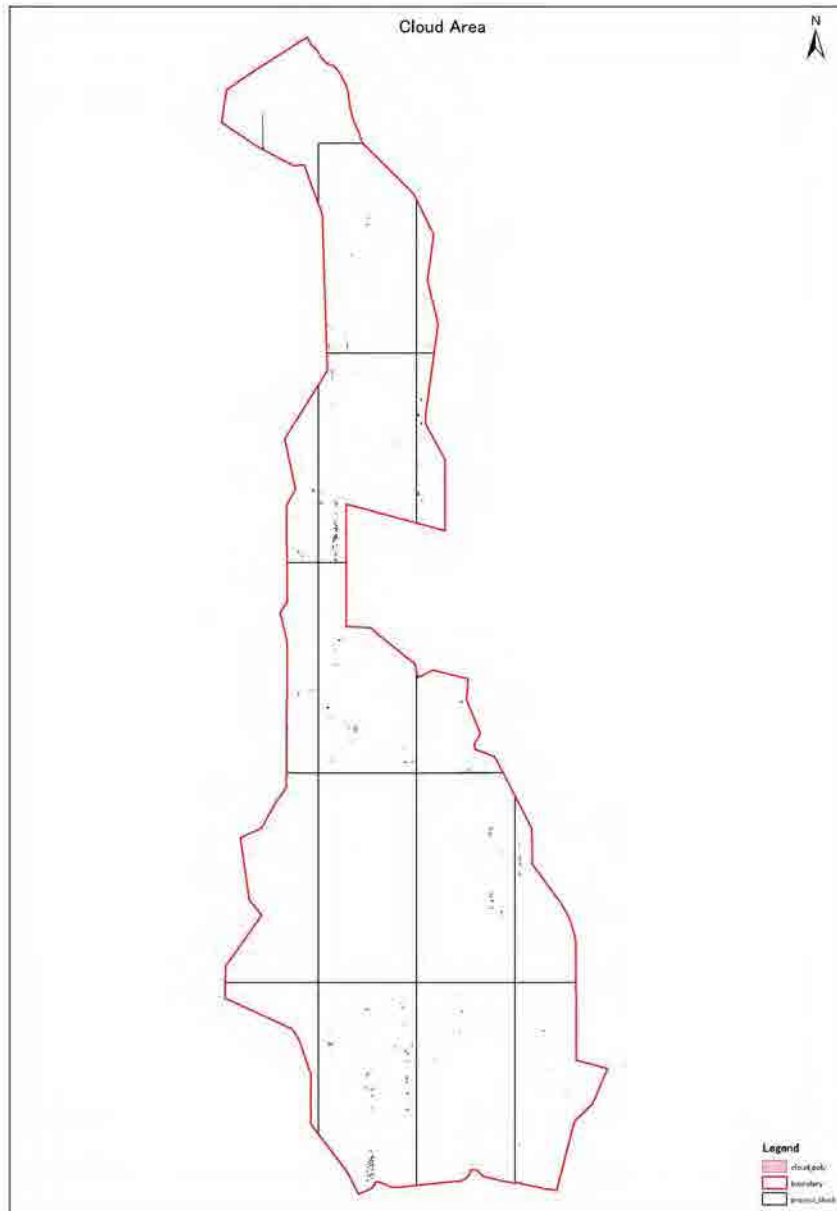


図 2. 2. 72 雲の確認結果(対地高度 500m、2, 785m)

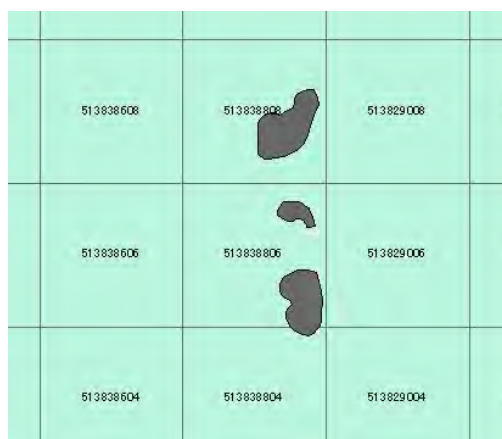


図 2. 2. 73 雲部拡大 (図中グレー部分が雲)

2-2-16 地図情報有効利用協議・成果説明(技術移転)

本業務は、チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクトを実施するために必要な地形図情報を収集することが目的であるため、地形図作成のための技術移転は行わないが、地図情報の有効利用の方法について指導を行った。

(1) データの活用

作成されたデータは点群データであり、データ容量も大きいため非常に扱いづらいデータである。そこで GIS ソフトもしくは CAD ソフトなどを用いたデータの変換等が必要となるため、これらの運用方法の指導を行った。

(2) 地形図としての活用

また、三次元のデータとなるため、チャオプラヤ川周辺の詳細な微地形を立体的に表現することが可能となる。そのため一般的な立体地図の表現手法を指導し、今後の地形図としての運用手法について技術移転を行った。

(3) 航空レーザ計測調査の研修会

3月26日実施	レーザ計測研修 航空機およびレーザ計測装置の実機材の見学
3月29日実施	レーザ計測研修 「航空レーザ計測とは」王室灌漑局 (RID) 内勉強会
3月30日実施	現地基準点調査研修 ウタイタニ、チャイナット地区
3月31日実施	現地基準点調査研修 ナコンサワン、ピチット地区
5月1日実施	現地基準点調査研修 アユタヤ、サラブリ地区
5月2日実施	現地基準点調査研修 スパンブリ地区
5月22日実施	現地基準点調査研修 サムットプラカン地区
6月12日実施	データ作成、データ検証研修 (RID 向け) 航空レーザデータ検証、データ作成、成果データ説明 (講義研修) データ検証、データ作成 (実技研修)
6月13日実施	データ作成、データ検証研修 (RTSD 向け) 航空レーザデータ検証、データ作成、成果データ説明 (講義研修)
7月6日実施	データ作成、データ検証研修 (GISTDA 向け) 航空レーザデータ検証、データ作成、成果データ説明 (講義研修)

2-2-17 成果取りまとめ(報告書の作成等含む)

本業務について、関係者への説明・協議の内容を踏まえ、調査報告書を取りまとめた。

1) ファイナル・レポート

業務の全体成果・技術移転の成果を記載する。

2) 提案事項

本業務では、日本の作業規程を準用して作業を行ったが、タイ国での今後の作業において、改定したほうが良い項目について以下の提案を行う。

これらの提案をふまえたタイ国での航空レーザ測量における作業規程の案を作成した。「航空レーザ測量による標高データ作成の作業規程及び同運用基準(案)」(付録-3 参照)

今後の航空レーザ測量業務に活用頂ければ幸いである。

① 調整用基準点について

本作業では、989点(25km²に1点)を設置したが、また北部域に至るまで平坦地においては高低差が殆ど無いことを鑑みると、今後の設置数については、もっと広域に配点しても問題ないと考えられるため、10km×10km(100km²)に1点の割合で配点することを提案する。

② MCP(マスターコントロールポイント)の設置について

RTSDでは、基準点及び水準点(BM)を保有している。しかし、今回のような広い範囲では既存の基準点及び水準点のみでは100km²当たりの調整用基準点を直接観測できないことから、基線長約30km程度のプロジェクト用一次基準点(MCP)ネットワークを組むことを提案する。

③ コース間延長距離について

日本の作業規程には、1コースの延長距離についての縛りはないため、今回は計測タイミングを増やす意味も含めて、延長距離を最長で80kmと、かなり長い距離をとったが、IMUの蓄積誤差が非常に精度面に影響を及ぼしていることが分かったため、延長距離について、最長で50km以内とすることを提案する。

④ コース間検証について

コース間においては、最大4点としていたが、コース延長距離が長かったこともあり、4点では若干少なすぎるため、コース延長距離10kmに1箇所の検証を行うことを提案する。

⑤ フィルタリングの点検について

日本の作業規程では、「オルソ画像データ及び等高線データの重ね合せ図」及び「オルソ画像、オリジナルデータ及び水部ポリゴンに重ね合せ図」の2種類を作成することとなっているが、今回も採用した「傾斜区分図」もしくは「陰影図」、「段彩図」等が平坦地における、地形の状況把握に効果的であるため、こちらの手法を提案する。

⑥ 検査数量について

測定の正確さを確保するための適切な精度管理として、日本の作業規程では、地形測量及び写真測量については、2%の点検を行うことになっている。

航空レーザ測量においても、この分類に当てはまるため、検査数量を2%とすることを提案する。

2.3 作業工程計画・実施

作業工程の当初計画と実施結果は下記の表に示すとおりである。

表 2.3.1 作業工程計画・実施表

作業項目	期間	2012							
		2	3	4	5	6	7	8	
インセプションレポート(IC/R)の作成		■							
インセプションレポート(IC/R)の説明・協議		■							
仕様協議		■							
既存資料の収集、整理		■							
【1】 計測計画		■							
【2】 GPS基準局の設置・観測		■	■	■	■	■	■	■	■
【3】 調整用基準点の設置・観測		■	■	■	■	■	■	■	■
【4】 航空レーザ計測		■	■	■	■	■	■	■	■
【10】 (同時撮影) デジタル空中写真撮影		■	■	■	■	■	■	■	■
【5】 三次元計測データ作成			■	■	■	■	■	■	■
【6】 オリジナルデータ作成			■	■	■	■	■	■	■
【7】 グランドデータ作成			■	■	■	■	■	■	■
【8】 グリッドデータ作成			■	■	■	■	■	■	■
【9】 等高線データ作成			■	■	■	■	■	■	■
【11】 オルソフォトデータ作成			■	■	■	■	■	■	■
【12】 データ検証			■	■	■	■	■	■	■
【22】 地図情報有効利用協議・成果報告(技術移転)			■	■	■	■	■	■	■
ファイナルレポート(DF/R)の説明・協議								■	■
ファイナル・レポート(F/R)の作成								■	■
報告書									▲


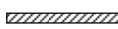
: 現地作業
 : 国内作業
 : 実施済

2.4 要員実績

本業務の要員実績を示す。

表 2.4.1 要員実績表

担当業務	氏名	所属	格付	2012年									人・月 合計			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	現地	国内	自社	
総括/ 航空レーザ計測 1	本地 光一	(株) パスコ	3		2/5		4/8		5/19	6/19	7/29	8/30	5.80		0.07	
副総括	森 尚	(株) パスコ	3		2/8	2/22	4/18	4/28	4/21	5/17	6/23	7/12	8/31	9/1	0.87	
撮影計画	中尾 元彦	(株) パスコ	3		2/5	3/10			5/7	5/16	6/7	6/16	8/23	9/1	2.17	
航空レーザ計測 2	中野 泰敬	(株) パスコ	4		2/5		4/16	4/25	5/3						2.50	0.30
航空レーザ計測 3	井上 武士	アジア航測 (株)	4			3/4	4/22	4/24	6/1						3.00	
航空レーザ計測 4	金田 真一	アジア航測 (株)	4			3/4			6/1						3.00	
航空レーザ計測 5	伊藤 史彦	アジア航測 (株)	5		派遣中止											-
GPS基準局設置/ 調整用基準点 1	下田 省三	国際航業 (株) ((株) トーアテック)	4		2/16		4/15						2.00			
GPS基準局設置/ 調整用基準点 2	吉良 進	アジア航測 (株)	4		2/16		4/15						2.00			
GPS基準局設置/ 調整用基準点 3	塚田 真之	国際航業 (株)	4				4/4		6/2				2.00			
GPS基準局設置/ 調整用基準点 4	福富 星一	アジア航測 (株) (DMS(株))	4				4/4		6/2				2.00			
データ検証 1	井田 憲吾	国際航業 (株)	6			3/4			6/2				3.03			
データ検証 1	島野 宗太	国際航業 (株)	6		要員変更				6/3	7/31			1.97	0.20		
データ検証 2	玉利 清文	アジア航測 (株) (DMS(株))	4			3/4		5/29		8/1	8/1		5.00			
データ検証 3	大森 啓充	(株) パスコ ((株) GIS関西)	4			3/4				7/31	8/15	8/31	5.00	0.60		
データ検証 4	四俣 徹	(株) パスコ	4				4/3		6/24				2.77			
データ検証 4	島兒 孝文	(株) パスコ	4		要員変更				6/25	8/20			1.90	0.50		
業務調整/ 撮影計画補助	津田 馨	(株) パスコ	4		2/1	2/15	3/29	4/10		6/21	6/24	8/21	8/31	1.33	0.33	
					2/16	3/25	4/17	4/18						46.34	2.00	
国内作業	総括/ 航空レーザ計測 1	本地 光一	(株) パスコ	3		2/1	2/4	4/9	4/14		7/13	7/27		0.83		
	副総括	森 尚	(株) パスコ	3		2/1	2/4	4/9	4/14					0.33		
	撮影計画	中尾 元彦	(株) パスコ	3						7/27	8/10		0.50			
													1.66			
報告書等				△ IC/R								△ F/R				
													現地	国内	自社	
													46.34	1.66	2.00	
													計			
													48.00			

凡例：  現地業務  国内業務  自社負担

3. 結論

本業務は、平坦なチャオプラヤ川の中・下流域の洪水対策を検討する際に必要な氾濫域の微地形を把握するため、同地域内における航空レーザ測量による詳細な地形データ作成を迅速かつ正確かつ柔軟に行うことをプロジェクトの基本方針として実施した。

2012年2月から8月までの7ヶ月間という短期間で24,700km²という膨大な航空レーザ測量を用いた2mグリッドを目的とする詳細な地形データ作成のプロジェクトは類が無く、迅速性が最優先課題であった。さらには5月中旬から始まる雨季までに計測を終える必要があることから迅速な計測許可を取得しプロジェクト全域を如何に早く計測し終えることが出来るかが最大の課題であった。

また、迅速な中にも正確性を備え後戻りを排除することが必要であった。日本の測量作業規程では作業の流れを誤らなければ不具合を発生させることがないプロセス重視の内容になっている。但し、今までの経験値が不足している初めての業務を他国にそのまま適用するには様々な技術的な課題が散見され、短期間で膨大な初めての作業では必ずしも適切だったかどうかは疑問が残った部分がある。

なお、現実的には膨大なデータの中には多少なりとも不具合が発生することとなり、その不具合を如何に救済するかも最後の方針である柔軟性にゆだねられた。日本の測量作業規程を柔軟に活用し、プロダクトとしては日本の作業規程を準拠するがプロセスを柔軟にする方法も短期間の作業では必要であることを感じた。

具体的には実施した結果を踏まえ2-2-17で提案した事項を盛り込み、タイ国での今後の航空レーザ測量を行う際の参考となるような「航空レーザ測量による標高データ作成の作業規程及び同運用基準（案）」を作成した。

最終的に本業務で作成した成果は、オリジナルデータ、グラウンドデータ、グリッドデータ、等高線データ、オルソフォトデータの5種類の成果を得た。これらは王立灌漑局(RID)、王立測量局(RTSD)、貴機構にて洪水対策のための解析や今後の計画に十分活用可能な成果を得ることが出来たと考えている。

本業務で得られた成果・経験が今後の洪水対策およびタイ国の繁栄に寄与することを期待いたします。

最後にタイ国王立灌漑局(RID)及びタイ国王立測量局(RTSD)をはじめ政府関係機関に対し、調査団に寄せられたご好意とご協力に団を代表して深く謝意を表します。また、貴機構及び日本国政府関係機関の方々に対しても、調査に当たり貴重なご助言とご指導を賜りましたことを心より感謝いたします。

付録-1

**Minutes of Meeting
On
Project For
Chao Phraya River Basin Flood Control Project
(Airborne Laser Scanning Survey)
In
Thailand**

**Agreed upon between
Royal Irrigation Department of Thailand
And
Japan International Cooperation Agency**

Bangkok, Thailand

8th February, 2011



Mr. Kosol Thianthongnukul
Director of Office of Engineering,
Topographical and Geotechnical Survey,,
Royal Irrigation Department



Mr. Koichi Honji
Team leader of the Study Team,
Japan International Cooperation Agency
(JICA)

The JICA Study Team (hereinafter referred to as "the Team") headed by Mr. Koichi Honji visited Thailand from 5th February, 2012 in order to carry out Chao Phraya Basin Flood Control Project for Airborne Laser Scanning Survey in Thailand (hereinafter referred to as "the Study"). Royal Irrigation Department (hereinafter referred to as "RID") is a counterpart of the Team. During the meeting on explanation of the Inception Report to RID, the Team and RID discussed the several matters as followings and the Team answered the questions raised by RID. Both sides eventually agreed upon the below.

Before proceeding to have questions on the Inception Report, JICA outlined the project and highlighted significance of the surveys and the Team members elaborated on the essence of methodology and measurements in accordance with the Inception Report that was prepared in Japan.

The following questions were followed by the counterpart and related organization to the explanation of the inception report. Significant issues of the question and the replies to them are as follows.

1. Acquisition of data with LIDAR

Counterpart asked the precision of measurement with LIDAR applied to this project. The Team answered that the precision shall be kept less than 25cm according to the standard stipulated in the Japanese regulation of Airborne Laser Scanning. The Team also added promising accuracy to be sustained less than 10cm in average practically.

2. Timing for mobilization of the aircrafts

The Team explained that the aircrafts are supposed to stand by at the airport in Thailand within 4 or 5 days after the flight permission is issued. The Team requested to issue the permission by 20th February, 2012.

The Team also explained that the testing flight will be possible 2 days after the flight is permitted, since one(1) of the proposed aircrafts is currently available at Don Mueang Airport in Thailand, and the equipment to be installed for laser scanning is already available in Thailand.

3. Concerning aerial photography

The Counterpart asked whether the aerial photography will be carried out covering the entire Project area. The Team answered that the aerial photography is proposed to cover the whole areas. On top of it, the Team stated that it could not be guaranteed to take the photographs with all clear objects on the ground due to no specification regarding cloud-free requirement and to the possibility of shooting in the night.

4. Implementation of ground survey

The counterpart will provide benchmark data for survey which will be conducted by JICA team as well as the budget and the provision. The Counterpart enhanced the necessity of conformity in the technical specifications so that the data to be acquired shall not cause any discrepancies between both data in accordance with the JICA operational standard.

In relation to this issue, the Counterpart raised a question whether JICA can disclose the standard and /or operational instruction of allocating GCP's specifically.

In response to the question, the Team answered that it can be disclosed as the specification is based on the Japan's regulation of Airborne Laser Scanning.

5. Processing of Laser Scanning Data

The Counterpart asked the Team what sort of software will be used for data processing and if the software would be donated to the Counterpart after termination of the Project. The Team replied that TERRASCAN and ARC GIS are to be used, however they are not supposed to be donated.

6. Topic of Technology Transfer

The topic on the Technology Transfer was raised from RTSD in the meeting asking the possibility of attending Technology Transfer program in order to learn a series of technical process and knowhow to utilize effectively data obtained.

The Team answered that any OJT (training) is not officially programmed in this project as the project inaugurated for the purpose of conducting an emergency rehabilitation model. The Team, however, added comments that the counterpart staff will be able to have opportunities to learn the knowledge about Airborne Laser Scanning and introductory data use from time to time when needed.

7. Outputs to be delivered

Counterpart asked if the Team could furnish relevant organizations with data at the time when the raw data are acquired accordingly. The Team explained the proposed plan that the final data shall be delivered only when data covering all the area are processed because raw data need to be processed with a specific software and can not be dealt easily due to enormously time consuming and costly work.

The Team suggested masking of the processed data be made in accordance with RTSD from security point of view. The Team also added to envisage that data for dissemination shall be masked and/or degraded in resolution.

Appendix

List of Attendants

Thai Side

-Royal Irrigation Department-

Mr. Kosol Thianthongnukul Director of Office of Engineering, Topographical and Geotechnical Survey.

Ms. Suwanna Euvananont Photogrammetrist (expert level of Office of Engineering, Topographical and Geotechnical Survey.

Mr. Kanchadin Srapratoom Project Management Officer of International Corporation Division

-Department of Water Resources-

Mr. Ammart Suthammajaras Civil Engineer of Bureau of Water Resources Conservation and Rehabilitation

Mr. Supapap Patsinghasanee Professional Civil Engineer of Water Crisis Prevention Center

-Geo-Informatics and Space Technology Development Agency-

Dr. Chaowalit Sillapathong Director of Geo-Informatics Center

-Royal Thai Survey Department-

Mr. Winai Semsawat Deputy Director

Mr. Bunjerd Ramkomut Director of Plans and Project Division

Mr. Chaiwat Promthong Director of Geodesy and Geophysics Division

Mr. Krit Bunthid Director of Geography Division

Mr. Suppalert Chaichana Director of Mapping Division

Mr. Surasak Toedkiatkun Director of Aerial Survey Division

Mr. Sarapong Pramsane Director of Education Division

Mr. Chakorn Boonphakdee Deputy Director of Plans and Project Division

Mr. Piya Charukarn Chief of Geophysics Section

Mr. Nitiwadee Lamkham Chief of Research and Development Section

Mr. Chochchai Puathanachockchai Map Editing and Revising Section

Mr. Praty Nakhonkao, Technical Officer

Japanese side

-JICA Study Team-

Mr. Koichi Honji Team Leader

Mr. Motohiko Nakao
Mr. Yasutaka Nakano
Mr. Kaoru Tsuda

Flight Planning Expert
Airborne Laser Scanning Expert
Coordinator

-ICA Thailand Office-
Hajime Taniguchi
Kobchai Songsrisanga

Representative
Program Officer

-Embassy of Japan-
Mr. Tetsuo Hasegawa

First Secretary in charge of ICT, Telecommunications, Science and
Technology

付録-2

Minutes of Meeting
On
Project for Comprehensive Flood Management Plan
For
Chao Phraya River Basin
(Sub-Component 1-1 Aerial Survey by LIDAR)
In
Thailand

Agreed upon between
Royal Irrigation Department of Thailand
And
Japan International Cooperation Agency

Bangkok, Thailand

29th August, 2012



Mr. Chachawal Punyavateenun
Deputy Director General
Royal Irrigation Department (RID)



Mr. Koichi Honji
Team Leader of the Project Team
Japan International Cooperation Agency
(JICA)

Japan International Cooperation Agency (JICA) Project Team for “Project for Comprehensive Flood Management Plan for Chao Phraya River Basin (Sub-Component 1-1 Aerial Survey by LIDAR) (hereinafter referred to as “The Team”) , Royal Irrigation Department (hereinafter referred to as “RID”) , and other relevant organizations held a meeting concerning the Final Report of “Project for Comprehensive Flood Management Plan for Chao Phraya River Basin (Sub-Component 1-1 Aerial Survey by LIDAR) (hereinafter referred to as “The Project”) on 29th of August 2012 from 10:00 to 11:30 at a meeting room of RID office.

The Team explained about the followings based on the Final Report.

- a) Objective of the Project
- b) Target Area
- c) Basic Policy and Results
- d) Final Outputs
- e) Implementation Workflow
- f) Survey Standard
- g) Collected Existing Materials
- h) Inspection Results for Each Work
- i) Data Format
- j) Final Results
- k) Recommendation
- l) Case Study
- m) Work Schedule
- n) Conclusion

After the explanation by the Team, the questions to the explanation of the Final Report raised by the participants are as follows:

1. Data Accuracy

The participants from GISTDA and RID asked the Team about the accuracy of fix control points, master control points and Orthophoto data and LIDAR data. The Team answered the accuracy referred to the Final Report and the presentation paper and informed them that all of the survey results are within the acceptable level authorized by Geospatial Information Authority of Japan.

2. Data Distribution

The participants from GISTDA asked the Team how to distribute the final output to

organizations which need the geospatial information. The Team replied that since all the data belong to RID, the organizations which are interested in the data should consult them under security regulation of RID.

3. Information Sharing

The participants made a request to the Team to exchange the geospatial information continuously because the Government of Thailand had commenced the LIDAR Project. The Team stated that JICA would support the Government of Thailand as much as they could.

At the end of the meeting, RID stated to agree on the Final Report prepared by the Team in principle.

The members attended the meeting are listed in Appendix.

LIST OF ATTENDANTS

Thai Side:

Mr. Chachawal Punyavateenun	Royal Irrigation Department
Mrs. Suwanna Euvananont	Royal Irrigation Department
Mr. Somyot Keawmora	Royal Irrigation Department
Mrs. Suchada Hokcharoen	Royal Irrigation Department
Mr. Sathit Phomee	Royal Irrigation Department
Mr. Chakaphan Choyhiran	Royal Irrigation Department
Mr. Kanchadin Sraprathoom	Royal Irrigation Department
Mr. Suphanat Pariyachat	Royal Irrigation Department
Mr. Cheewin Intharanukul	Royal Irrigation Department
Sr. Col. Supalerk Chaichana	Royal Thai Survey Department
Col. Sukrich Lapkriengkri	Royal Thai Survey Department
Mr. Montree Boonphanitch	National Economic and Social Development Board
Mr. Chamnong Phawaphook	National Economic and Social Development Board
Ms. Chuthamas Panaklin	Geo-Informatics and Space Technology Development Agency
Mr. Chatchai Saensena	Geo-Informatics and Space Technology Development Agency
Mr. Tatiya Channatrakul	Geo-Informatics and Space Technology Development Agency

Japanese Side:

Mr. Koichi Honji	Team Leader of JICA Project Team
Mr. Motohiko Nakao	Project member
Mr. Kaoru Tsuda	Project member
Mr. Tatsuo Kunieda	JICA Expert in RID
Mr. Takahiro Mishina	JICA Expert for Project for Flood Management Plan
Mr. Kimio Takeya	JICA in Japan
Mr. Kunihiro Yamauchi	JICA in Japan
Mr. Hideaki Matsumoto	JICA in Japan
Mr. Yojiro Miyashita	JICA in Thailand
Mr. Kobchai Chongsrisa-ngha	JICA in Thailand

付録-3

**Work Regulation Rules and Operation Manuals for Creation of
Elevation Data by Airborne Laser Scanning Survey (Draft)**

**August 2012
PASCO Corporation**

Table of Contents

Chapter 1	General Provisions	1
Section 1	General Rules	1
Article 1	Objectives	1
Article 2	Relations with Other Manuals	1
Article 3	Definitions of Terms	1
Section 2	Specifications and Accuracy of the Elevation Data	1
Article 4	Specifications of the Elevation Data	1
Article 5	Accuracy of the Elevation Data.....	2
Section 3	Components of the Scanning and Order of Implementation.....	2
Article 6	Components of the Scanning and Order of Implementation.....	2
Section 4	Composition and Accuracy Control of the System.....	2
Article 7	Airborne Laser Scanning Survey System.....	2
Article 8	Inspection of Equipment	4
Article 9	Work Process Management.....	4
Article 10	Preparation of Work Sheets.....	4
Article 11	Accuracy Control.....	4
Article 12	Compilation of Outputs	4
Chapter 2	Creation of the Elevation Data.....	5
Section 1	Work Planning	5
Article 13	Work Planning.....	5
Section 2	Scanning Planning.....	5
Article 14	Scanning Planning.....	5
Section 3	Establishment of GPS Base Stations	6
Article 15	Establishment of GPS Base Stations	6
Article 16	Preparation of Description of GPS Base Station.....	6
Article 17	Verification.....	7
Section 4	Airborne Laser Scanning	7
Article 18	Airborne Laser Scanning.....	7
Article 19	Acquisition of Scanning Data.....	7
Article 20	Acquisition of Digital Photographs for Airborne Laser Scanning	8
Article 21	Verification.....	8
Article 22	Sorting	8
Section 5	Establishment of Control Points for Correction	9
Article 23	Establishment of Control Points for Correction	9
Article 24	Measurement of a Control Point for Correction.....	10
Article 25	Sorting	11

Section 6	Creation of Three-Dimensional (3-D) Measurement Data	11
Article 26	Creation of 3-D Scanning Data	11
Article 27	Verification of 3-D Scanning Data.....	12
Article 28	Verification of Elevation between Flight Paths.....	12
Article 29	Re-verification.....	13
Article 30	Creation of Ortho Image Data	14
Article 31	Creation of Water Surface Polygon Data	14
Article 32	Calculation of the Proportion of Measurement Loss.....	15
Article 33	Verification.....	15
Section 7	Creation of Original Data	16
Article 34	Creation of Original Data	16
Article 35	Verification.....	16
Section 8	Creation of Ground Data	16
Article 36	Creation of Ground Data	16
Article 37	Consistency with Existing Data)	18
Article 38	Creation of Filtering Verification Maps	19
Article 39	Verification.....	19
Section 9	Creation of the Elevation Data	20
Article 40	Creation of the Elevation Data	20
Article 41	Comparison with Control Points for Correction	20
Article 42	Assignment of Attribute Data.....	21
Section 10	Creation of Digital Data Files	21
Article 43	Creation of Digital Data Files.....	21
Article 44	Verification.....	22
Section 11	Outputs	22
Article 45	Outputs	22
Appendix -1	Workflow.....	23
Appendix -2	Specification of Control Point Survey.....	24
Appendix -3	Specification of Leveling	25
Form 1-1	Airborne Laser Scanning Survey System Inspection Record.....	26
Form 1-2	Record of Creation of Elevation Data with Airborne Laser Scanning Survey.....	27
Form 2-1	Flight Planning	28
Form 2-2	Description of GPS Base Station.....	29
Form 2-3	Record of Airborne Laser Scanning	30
Form 2-4	Flight Operation Report of Aerial Laser Measurement.....	31

Form 2-5	Observed Values and Verification of Difference between Data Sets....	32
Form 2-6	Description of Control Points for Correction	33
Form 2-7	Distribution Map of Control Points for Correction and Verification points for Measurements Taken from Different Flight Paths.....	33
Form 2-8	Three-dimensional Scanning Data Verification Sheet	35
Form 2-9	Control Point for Correction Survey Sheet.....	36
Form 2-10	Difference between the Measurements Taken from Different Flight Paths	37
Form 2-11	An example of data entry in the form of the positional data file (word file) (with a pixel size of 0.5m)	38
Form 2-12	Survey Sheet for Calculation of Proportion of Measurement Loss.....	38
Form 2-13	Residual Difference at Control Points for Correction	39
Form 2-14	Verification Result of Existing Data	40
Form 2-16	Elevation Data Survey Sheet	41
Form 2-18	Data Formats	42
Form 2-19	Folder Structure	46
Table -1	Ground Data task of creating accuracy control table.....	47
Table -2	Grid data task of creating accuracy control table.....	48
Table -3	Digital data file task of creating accuracy control table.....	49

Chapter 1 General Provisions

Section 1 General Rules

Article 1 Objectives

The purposes of this manual are to standardize the specifications of elevation data (hereinafter referred to as the “Elevation Data”) and to ensure that the elevation data has required accuracy by providing the methods to be used for the creation of the elevation data with the airborne laser scanning survey.

Article 2 Relations with Other Manuals

A series of processes for creation of the elevation data shall be carried out in accordance with this manual, unless otherwise provided.

Article 3 Definitions of Terms

The following terms shall be interpreted herein as follows:

- i “National base map unit” shall mean a unit of an area of 2.0 km (in the north-south direction) by 2 km (in the east-west direction) demarcated from the Universal Transverse Mercator Zone47 (hereinafter referred to as the “national base map sheet”).
- ii “Surface object” shall mean any item of land cover with the elevation of its upper surface significantly higher than that of the ground surface, such as artificial structures, including buildings and bridges, and vegetation, including trees.
- iii “Scanning data” shall mean data obtained in the airborne laser scanning.
- iv “Filtering” shall mean a process to remove scanning data other than that of the ground surface, such as data of surface objects, in the creation of ground data.

Section 2 Specifications and Accuracy of the Elevation Data

Article 4 Specifications of the Elevation Data

The specifications of the elevation data are provided in the following paragraphs:

- i Thai survey standards shall be followed as to the standards for positions.
- ii Coordinates shall be Projection: UTM Zone47, Ellipsoid: WGS84, Geodetic datum: WGS84(ITRF2008) and Vertical datum: Mean Sea Level (Based on existing Bench Marks).
- iii Elevation data grids shall be created by dividing national base map sheets at 2m

interval.

- iv The elevation data of a grid is the elevation at the center of the grid expressed in meters to the first decimal place.

Article 5 Accuracy of the Elevation Data

The accuracy of the elevation data shall be as follows:

Case	Accuracy (Standard deviation)
A grid with ground data	Less than 0.3 m
A grid without ground data	Less than 2 m

Section 3 Components of the Scanning and Order of Implementation

Article 6 Components of the Scanning and Order of Implementation

In principle, the scanning work shall consist of the following components, which shall be implemented in the order shown below.

- i Work planning
- ii Scanning planning
- iii Establishment of GPS base stations
- iv Airborne laser scanning
- v Establishment of control points for correction
- vi Creation of three dimensional scanning data
- vii Creation of original data
- viii Creation of ground data
- ix Creation of the elevation data
- x Creation of digital data files

<Article 6 Enforcement Rule>

Appendix 1, “Workflow,” shall be followed.

Section 4 Composition and Accuracy Control of the System

Article 7 Airborne Laser Scanning Survey System

An airborne laser scanning survey system shall consist of an airborne GPS receiving antenna, an airborne GPS receiver, GPS analysis software, IMU (inertial measurement unit), a laser distance meter and analysis software.

<Article 7 - Enforcement Rule>

The performance of the component equipment shall be as follows:

- i Airborne GPS receiving antenna and receiver
 - a A GPS antenna shall be able to be mounted on the top of an aircraft securely.
 - b A GPS receiver shall be capable of acquiring GPS observation data at an interval of one second or less.
 - c A GPS receiver shall be capable of dual-frequency carrier phase data observation.
- ii GPS analysis software
 - a Software shall have a kinematic baseline vector analysis function.
 - b Software shall have a function to display evaluation of analysis results.
- iii IMU (inertial measurement unit)
 - a IMU shall be capable of measuring tilts and acceleration in three axes, *i.e.* roll, pitch and heading, and have performance, in terms of the standard deviations obtained in the analysis, equivalent to or better than the performance shown below.

Sensor part	Performance
Roll	0.015°
Pitch	0.015°
Heading	0.035°
Data acquisition interval	0.005 second

- b IMU shall be able to be mounted directly on a laser distance meter.
- iv Laser distance meter
 - a A laser distance meter shall be able to measure at least two pulses, the first and the last pulses.
 - b It shall have a scanning function.
 - c It shall have a function to prevent it from having adverse effects on the human body, including human eyes.
 - d It shall be provided with clearly stated safety standards.
- v Analysis software
 - a Analysis software has to enable calculation of three-dimensional (3-D) position of a measurement point.

Article 8 Inspection of Equipment

An airborne laser scanning survey system inspected at a calibration site within six months prior to the scanning shall be used. When an airborne laser scanning survey system, which has been dismantled from an aircraft within the six months, is to be used, the system shall have to be calibrated anew.

- 2 The Geospatial Information Authority of Japan shall designate equipment other than an airborne laser scanning survey system whose use in the scanning requires certification.

<Article 8 Enforcement Rule>

- i A person who implements the scanning shall appropriately maintain an airborne laser scanning survey system.
- ii Form 1-1 shall be used for keeping records of the inspection stipulated in Article 8-1 and, in principle, the records of the inspection shall be shown to a supervisor prior to the work using the equipment concerned.

Article 9 Work Process Management

Work processes shall have to be managed appropriately in the entirety of the work

Article 10 Preparation of Work Sheets

A work sheet to record progress of the work shall be prepared immediately after completion of each work component.

<Article 10 – Enforcement Rule>

Progress of the work shall be recorded in Form 1-2.

Article 11 Accuracy Control

A person in charge of accuracy control shall control accuracy of measurement data appropriately throughout the work in order to ensure accuracy of survey and shall have to prepare other required materials, without delay, on the basis of the results of the implemented accuracy control.

Article 12 Compilation of Outputs

Outputs, records and other required materials shall be compiled after completion of the work without delay.

Chapter 2 Creation of the Elevation Data

Section 1 Work Planning

Article 13 Work Planning

Work Planning is a process to formulate an appropriate plan on work methods, major equipment to be used and work schedule prior to the commencement of a work, with conditions in a work area, amount of work and completion date taken into consideration.

<Article 13 – Enforcement Rule>

Full consideration shall be given regarding the major equipment to be used, required personnel, work procedures and implementation methods during the formulation of a work plan in order to ensure efficient implementation of a series of work components.

Section 2 Scanning Planning

Article 14 Scanning Planning

Planning of airborne laser scanning is a process to formulate specifications for the scanning, a flight path plan, a plan for locations of establishment of GPS base stations and a GPS observation plan, with locations of GPS satellites taken into consideration.

<Article 14 – Enforcement Rule>

- i The specifications for the scanning include ground elevation, ground speed, percentage of sidelap, number of scans, scan angle, pulse rate and standard distances between data acquisition points in the direction of flight paths and in the direction perpendicular to flight paths.
 - a A scan angle shall be within a range of $\pm 20^\circ$, in principle. A standard distance between points of 3-D scanning data acquisition shall be so designed that there will be at least one acquisition point in an area of 2.0m x 2.0m.
 - b The percentage of sidelap shall be at least 30%.
- ii A flight path plan shall be so designed that standard distances between data acquisition points are uniform. Nevertheless, uniformity of standard distances between data acquisition points shall be achieved by using sidelap of areas scanned from adjacent flight paths (or flights on same paths in both directions), with topographical or climatic conditions taken into consideration. The

- extension distance shall be 50km at the longest.
- iii Horizontal locations of scanning data shall have accuracy of a standard deviation of less than 1 m.
 - iv A scanning plan shall be so designed that scanning shall be extended up to a certain extent outside the border of an intended scan area.
 - v Locations of establishment of GPS base stations shall be designed with view of the sky and baseline distances taken into account.
 - vi A GPS observation plan shall be formulated with the number of satellites available for receiving signals from using the latest information on their orbits.
 - vii The designed scan specifications, flight path plan maps and locations of establishment of GPS base stations shall be recorded in Form 2-1.

Section 3 Establishment of GPS Base Stations

Article 15 Establishment of GPS Base Stations

Establishment of GPS base stations is a process to establish ground GPS base stations in order to measure the position of a laser distance meter used in airborne laser scanning with the kinematic GPS survey.

<Article 15 – Enforcement Rule>

- i An electronic control point may be used as a GPS base station.
- ii GPS base stations shall be established within a scan area in such a way that baseline distances between them shall not exceed 50 km.
- iii GPS observation data shall have to be acquired at an interval of one second or less.
- iv A GPS base station shall have to be established at a place with clear view of the sky.
- v A horizontal position and elevation of an intended location of establishment of a GPS base station shall be measured with surveys conforming to the first order control point survey (Appendix-2) and third order leveling (Appendix-3).

Article 16 Preparation of Description of GPS Base Station

A description of GPS base station shall be prepared whenever a GPS base station has been installed.

<Article 16– Enforcement Rule>

Form 2-2 shall be used for the preparation of a description of GPS base station.

Article 17 Verification

A person implementing the scan shall have to carry out verification of a GPS base station and control accuracy of data on it when it has been established.

<Article 17 – Enforcement Rule>

The following shall be verified.

- i Guarantee of clear view of the sky and presence/absence of data acquisition
 - ii Appropriateness of the selection of the location in a scan area
 - iii Guarantee of accuracy of horizontal position and elevation of a GPS base station
 - iv Stability of receiving antenna installation
- 2 In order to enable evaluation of the accuracy of the results of the GPS observation in accordance with the Rules for Manual, documents such as observation notebooks and recording notebooks in which such data as locations of GPS satellites is recorded and an accuracy control sheet in which results of the baseline analysis are entered shall be prepared.

Section 4 Airborne Laser Scanning

Article 18 Airborne Laser Scanning

Airborne laser scanning is a process to acquire scanning data with an airborne laser scanning survey system.

Article 19 Acquisition of Scanning Data

Acquisition of scanning data refers to acquisition of GPS observation data at GPS base stations and acquisition of GPS observation data, IMU observation data and laser distance measurement data on an aircraft.

<Article 19 – Enforcement Rule>

- i In principle, one airborne laser scanning survey system shall be used to scan an entire scan area.
- ii In principle, airborne laser scanning on a flight path shall be implemented on a straight path at a fixed elevation.
- iii Ground speed of the aircraft shall be maintained as uniformly as possible during a scan on a single flight path.
- iv Scanning data shall be acquired by extending the outer circumference of a scan area to a certain extent.

- v GPS observation shall be implemented as follows:
 - a GPS observation data shall be acquired at an interval of one second or less both at GPS base stations and on an aircraft.
 - b PDOP of 3 or less shall be the standard for satellites used for GPS observation.
 - c At least five GPS satellites shall be used when acquiring GPS observation data.

Article 20 Acquisition of Digital Photographs for Airborne Laser Scanning

A Digital Photograph for Airborne Laser Scanning Survey is aerial image data of the land surface taken with a digital camera attached to an airborne laser scanning survey system. It is acquired for the filtering and verification.

<Article 20 – Enforcement Rule>

- i In principle, a digital photograph for airborne laser scanning shall be taken at the same time as airborne laser scanning.
- ii A digital photograph for airborne laser scanning shall have a resolution which allows identification of Surface Objects such as buildings and the standard ground pixel dimension shall be 1.0m or less.
- iii Ground surface image data shall be acquired from an entire scan area.

Article 21 Verification

An airborne laser scanning survey system shall be verified before commencement and after completion of airborne laser scanning.

<Article 21 – Enforcement Rule>

The following shall be verified:

- i Condition of operation and data recording of the GPS units in GPS base stations and on an aircraft
- ii Presence/absence of cycle slips
- iii Guarantee of coverage of airborne laser scanning: quality of digital photographs for airborne laser scanning
- iv Appropriateness of the ground elevation and routes of flight paths

Article 22 Sorting

Data shall be sorted after the completion of airborne laser scanning.

<Article 22 – Enforcement Rule>

- i The number of satellites available and a PDOP diagram during a period of scanning, which should be obtained as an output of GPS data analysis/processing, shall be produced.
- ii A map to detect areas from which no scanning data has been acquired (measurement loss) shall be created by marking an area scanned from each flight path on the same map.
- iii A track chart shall be created by overlaying actual flight tracks on flight path maps.
- iv A record of airborne laser scanning shall be created using Form 2-3. An airborne laser scanning log shall be prepared using Form 2-4.

Section 5 Establishment of Control Points for Correction

Article 23 Establishment of Control Points for Correction

Establishment of control points for correction is a process to establish control points to verify and correct 3-D scanning data.

<Article 23 – Enforcement Rule>

- i A control point for correction shall be established on a flat place where a position provided by 3-D scanning data can be easily identified on the ground and which can be surveyed without difficulty.
- ii A standard number of control points for correction shall be the nearest integer larger than $(\text{the size of a scan area (in km}^2) / 100) + 1$. They should be at least four points.
- iii A control point for correction shall be established at a site that satisfies the following conditions:
 - a In principle, control points for correction shall be established near the four corners of a scan area and other points shall be established as uniformly as possible over an entire scan area to ensure data accuracy.
 - b In principle, a base station shall be established on a flat place of a minimum size of 2m x 2m and without an obstacle, such as a tree or steps on a pedestrian path (*e.g.* a playing ground, vacant lot, road, park or flat rooftop).
 - c A base station shall be established near a benchmark.

Article 24 Measurement of a Control Point for Correction

Measurement of a control point for correction shall be taken with factors, such as conditions in a scan area, accuracy of data applicable to verification of elevations and measurement methods taken into consideration.

<Article 24 – Enforcement Rule>

- i Measurement of a control point for correction shall be taken with a survey conforming to the fourth order control point survey (Appendix-2) and the fourth order leveling (Appendix-3).
- ii If there is no benchmark required as an established control point near a control point for correction, single point observation based on the network RTK positioning may be used.
 - a In the single point observation based on the network RTK positioning, correction data or plane correction parameters calculated by a provider is received by a radio equipment at a rover station simultaneously with signals from GPS satellites, required analysis is conducted on the received data and the same observation and analysis is carried out at another rover station. There are two types of single point observation based on the network RTK positioning. The VRS method uses virtual control points and the FKP method uses plane correction parameters to acquire coordinate values.
 - b The table below shows the standards for the single point observation based on the network RTK positioning.

Number of satellites used	Number of observations	Data acquisition interval	Allowable range of difference between sets		Summary
			ΔX	20mm	
Five or more satellites	2 sets of 10 or more epochs after obtaining a fix solution	1 second	ΔY	20mm	

- c With regard to the preceding paragraph, after completion of the first set of observations, the equipment shall be re-initialized and a second set of observations shall be made. If the difference between the sets is within the

allowable range, the means of the two sets of observed values shall be considered as the outputs of the observations. The observed values and the difference at each station shall be recorded in Form 2-5 “Observed Values and Verification of Difference between Sets.”

- d If the difference between the two sets exceeds the allowable range, the equipment shall be re-initialized and a third set of observations shall be made. If there is no combination of a pair of sets of observations with the difference within the allowable range even after the third set of observations, the fourth set of observations shall not be made on the same day. Instead, new sets of observations shall be made on a separate day.
- e It shall be made a standard procedure to make observations for verification at an established control point in a scan area before and after the observations at the rover stations.
- iii If there is no benchmark near a control point for correction, the measurement may be taken with the static method with an observation period of 2 hours or more, using GPS receivers installed at two or more benchmarks closest to a control point for correction and a measurement point of a control point for correction.

Article 25 Sorting

Observation data shall be appropriately sorted after the measurement of control points for correction.

<Article 25 – Enforcement Rule>

- i Form 2-6 “Description of Control point for Correction” shall be filled in for each control point for correction. A photograph should be taken and arranged so that it can be used as a proof of absence of obstacles to scanning, including steps.
- ii A distribution map of control points for correction shall be prepared as shown in Form 2-7.

Section 6 Creation of Three-Dimensional (3-D) Measurement Data

Article 26 Creation of 3-D Scanning Data

Three-dimensional scanning data shall be created by analyzing airborne laser scanning data in an integrated way.

<Article 26 – Enforcement Rule>

- i During creation of 3-D scanning data, measurement errors, including noise created by the laser being reflected more than once on buildings, etc. nearby shall be removed using displays of cross section views and birds' eye views.
- ii Ground coordinates in 3-D scanning data shall be measured to 1 cm accuracy.
- iii Creation of 3-D scanning data shall be extended up to a certain extent outside the border of a scan area.

Article 27 Verification of 3-D Scanning Data

Verification of 3-D scanning data is a process to verify elevations of measurement points in 3-D scanning data by comparing them with an elevation of a control point for correction.

<Article 27 – Enforcement Rule>

The verification shall be implemented as follows:

- i. Three-dimensional scanning data acquired from measurement points within a 2.0m-radius circle or a 2m x 2m square shall be compared with an elevation of a base station.
 - ii. The difference between an elevation of a base station and an elevation in the scanning data of each measurement point shall be calculated and the mean, maximum, minimum and RMS error of the differences shall be calculated.
 - iii. Results of the verification shall be compiled in Form 2-8, "Three-dimensional Scanning Data Verification Sheet."
- 2 If an RMS error in the verification is 25 cm or larger, an investigation shall be carried out to identify a cause or causes of such a large error and an appropriate corrective measure, such as re-calculation or re-scanning, shall be taken.
- 3 Results of the verification of an entire scan area shall be compiled in Form 2-9, "Control point for Correction Survey Sheet," and be used as reference in the correction process.

Article 28 Verification of Elevation between Flight Paths

Verification of elevation between flight paths is a process in which elevations measured from two adjacent flight paths of a verification point selected in an area of sidelap between areas scanned from the two flight paths are compared and verified.

<Article 28 – Enforcement Rule>

The selection of verification points and the verification shall be implemented as follows:

- i The number of verification points shall be the nearest integer larger than (length of flight paths (in km) / 10).
 - ii Verification points shall be distributed uniformly over the top and bottom of an area of sidelap from where flight paths begin.
 - iii If it is impossible to satisfy the conditions mentioned above because of topographic constraints, such as mountainous terrain or thin strips of land, the number and distribution pattern of verification points may be modified.
 - iv The mean elevation obtained from scanning data of measurement points within a 2.0m-radius circle or a 2m x 2m square located in a flat area with good visibility shall be used as an elevation of a verification point.
 - v The difference between the two elevations of each verification point shall be calculated and the mean and standard deviation of the difference shall be calculated for each area of sidelap.
 - vi If the mean of the difference in elevation in an area of sidelap is 30 cm or larger, elevations shall be corrected through selection of a new set of verification points or recalculation, such as re-correction of calibration values using the verification result.
- 2 The result of the verification of difference in elevations measured from different flight paths shall be compiled in Form 2-10, "Difference between Measurements Taken from Different Flight Paths." The distribution map of the verification points shall be indicated in Form 2-7, "Distribution Map of Control points for Correction and Verification Points for Measurements Taken from Different Flight Paths."

Article 29 Re-verification

A person in charge of verification shall re-verify 3-D scanning data at the completion of creation of 3-D scanning data.

<Article 29 – Enforcement Rule>

- i Distribution and locations for establishing control points for correction shall be verified with "Distribution Map of Control points for Correction" and "Description of Control point for Correction."
- ii Whether the mean and standard deviation of the difference between elevation of a control point for correction and elevations in 3-D scanning data of measurement points are within the allowable ranges or not, shall be verified with

“Three Dimensional Scanning Data Verification Sheet” and “Control point for Correction Survey Sheet.”

- iii Distribution and locations of selected points for verification of difference in elevations measured from different flight paths shall be verified with digital photographs for airborne laser scanning and “Distribution Map of Verification Points for Measurements Taken from Different Flight Path.”
- iv Whether the mean of the difference between elevations of verification points measured from different flight paths is within the allowable range or not, shall be verified with the table, “Difference between Measurements Taken from Different Flight Paths.”

Article 30 Creation of Ortho Image Data

Ortho image data shall be created through orthogonal conversion of digital photographs for airborne laser scanning with 3-D scanning data.

<Article 30 – Enforcement Rule>

- i Ortho image data for each national base map sheet shall be created by joining orthogonally converted digital photographs for airborne laser scanning.
- ii The TIFF format shall be used as the format of the ortho image data.
- iii Ortho image data shall be created by extending the outer circumference of a scan area to at least 50 m.
- iv A positional data file showing geographic coverage of ortho image data shall be created as an ASCII file in accordance with Form 2-11.

Article 31 Creation of Water Surface Polygon Data

Polygon data of water surface shall be created from ortho image data for areas of water surface.

<Article 31 – Enforcement Rule>

Water surface polygon data shall be created as follows:

- i Polygon data shall be created for shore lines of a river with a water course width of 7.5 m or more and a pond of 7.5 m x 7.5 m or larger. Polygon data shall be created for a river that as a whole has a watercourse width of 7.5 m or more, even if it has an area with a watercourse width of less than 7.5m.
- ii If a water surface is found in a structure elevated from the surrounding ground (such as a swimming pool in a school or artificial reservoirs surrounded by

- retaining walls in a sewage treatment plant), data on the water surface shall not be acquired because its foundation structure should be subject to filtering.
- iii A sandbank smaller than 7.5 m x 7.5 m in a water surface shall be included in polygon data of the water surface, instead of acquiring polygon data of its shoreline.
 - iv If a shoreline has a very complex shape with presence of rocks and artificial structures, its shape may be edited in an appropriate way with the condition that such editing shall not compromise the accuracy requirement on elevation data.
 - v If there is no water surface in a scan area, this process may be omitted.

Article 32 Calculation of the Proportion of Measurement Loss

Calculation of the proportion of measurement loss is calculation of a proportion of areas for which 3-D scanning data has not been acquired for the entire measurement area.

<Article 32 – Enforcement Rule>

A measurement loss shall be verified as follows:

- i If no 3-D scanning data has been acquired in a 2.0m x 2.0m grid, such a grid shall be considered as a data-missing grid.
- ii The proportion of measurement loss shall be calculated for each national base map sheet with the equation shown below. The result of the calculation for each national base map sheet shall be compiled in Form 2-12, “Survey Sheet for Calculation of Proportion of Measurement Loss.” The area inside the border of water surface polygon shall be disregarded in the calculation.
$$\text{Proportion of measurement loss} = (\text{Number of data-missing grids} / \text{total number of grids}) \times 100$$
- iii The proportion of measurement loss shall be less than 10 % in each sheet of national base map. If the proportion is 10 % or more, an investigation shall be carried out to identify the cause of such a large proportion and a new measurement shall be taken if necessary.

Article 33 Verification

A compiler and other appropriate equipment shall be used in verification.

<Article 33 – Enforcement Rule>

The following items shall be verified:

- i Presence/absence of significant discontinuity of ortho image data at edge matching with focus on major feature (such as road)
- ii Presence/absence of missing water surface polygon data
- iii Appropriateness of edge matching of water surface polygon data
- iv Appropriateness of proportion of measurement loss

Section 7 Creation of Original Data

Article 34 Creation of Original Data

Creation of original data is a process to create data by correcting elevation data in 3-D scanning data using control points for correction mentioned in Section 5.

<Article 34 – Enforcement Rule>

- i If the mean of the difference between elevations of control points for correction and elevations of measurement points in 3-D scanning data is 25 cm or more, the standard requires correction for an entire scan area.
- ii The correction to be implemented shall be a uniform increment or decrement of elevation values in 3-D scanning data for an entire scan area.
- iii Result of the Creation of Original Data shall be compiled in Form 2-13, “Residual Difference at Control points for Correction.”

Article 35 Verification

A person in charge of creation of original data shall verify the data before and after the correction and a person in charge of verification shall verify the data after the completion of the creation of original data.

<Article 35 – Enforcement Rule>

When original data has been created with correction, the following shall be verified.

- i Quality of the result of the correction

Section 8 Creation of Ground Data

Article 36 Creation of Ground Data

Ground data is part of the original data that shows elevations and is created by filtering original data.

<Article 36 – Enforcement Rule>

- i Ground data shall be created by extending the outer circumference of a scan area to a certain extent.
- ii The table below shows the standard items for the filtering.
- iii Ground data at a place where a large surface object makes it impossible to represent topography of the place appropriately shall be created by interpolation with non-filtered ground data of a surrounding area.

Transport facilities	Road facilities	Road bridges (with a length of 5m or more), viaducts, pedestrian crossings, lampposts, traffic lights, road information boards, etc.
	Railroad facilities	Railroad bridges (with a length of 5m or more), viaducts, over bridges, platforms, sheds on platforms, electric poles and signal posts
	Mobile objects	Parked vehicles, railroad carriages and ships
Buildings	Buildings and accessory facilities	Residential houses, factories, warehouses, public facilities, railroad station buildings, wall-less structures (hothouses and greenhouses), stands of stadiums, gates, pools (including foundation) and fences
Small objects		Monuments, gateways of Shinto shrines, water tanks, fertilizer storage tanks, water supply towers, cranes, chimneys, high towers, radio towers,

		lighthouses, light buoys, pipelines (on the ground and elevated) and power transmission lines
Water surface	Structures related to water surface	Pontoons, water level observatories and river sign boards
Vegetation		Trees(*1), bamboo forests(*1), hedges(*1) and rice plants in paddies(*1)
Others	Others	Areas with large-scale land development(*2), open pits excavated for construction of subways and materials in open-air storage
Notes	<p>*¹ Data which can be recognized as that of ground surface shall be used as much as possible</p> <p>*² If existing condition can be recognized almost certainly as permanent, data on the existing condition shall be used.</p>	

Article 37 Consistency with Existing Data)

In order to establish consistency with existing data, existing data and ground data of selected areas of overlapping coverage by these two types of data shall be compared for verification.

<Article 37 – Enforcement Rule>

For the comparison and verification, areas which satisfy the following conditions, shall be established.

- i At least one such area shall be established within an area covered by each national base map sheet and there shall be at least 100 measurement points in each of such areas.
- ii If there is a control point for correction, it shall be included in an area for the comparison.

- iii An area for the comparison shall be located on a large and flat space (e.g. a playing ground, vacant lot, road, park, etc.) where data is not likely to be affected by surface objects.
- 2 The verification shall be implemented as follows:
- i The mean of the ground data within an area of overlapping coverage shall be obtained for the comparison and verification.
 - ii The mean and standard deviation of the difference between the existing data and ground data shall be obtained.
 - iii If the standard deviation is 30 cm or more, an investigation into the original data shall be carried out to identify the cause of such a large standard deviation and an appropriate measure, such as re-calculation or re-measurement, shall be taken.
 - iv Result of the verification shall be compiled in Form 2-14, “Result of Verification of Existing Data.”

Article 38 Creation of Filtering Verification Maps

Filtering verification maps shall be created for the purpose of verifying whether the filtering has been implemented appropriately or not and presence/absence of abnormality in created ground data.

<Article 38 – Enforcement Rule>

- i Filtering verification maps shall be created by 3D map (“slope classification map”, “shading map”, “layer tint map”, etc.).
- ii Filtering verification maps shall be created at a scale of 1/4,000 and for each national base map sheet.
- iii Filtering verification maps shall be created by extend to a certain extent from the neat lines.

Article 39 Verification

Quality of the filtering shall be verified with the filtering verification maps and a compiler.

<Article 39 – Enforcement Rule>

The following items shall be verified:

- i Presence/absence of unnecessary contour data on vegetation and artificial structures, such as bridges and buildings, which can be interpreted in ortho

- image data
- ii Presence/absence of original data of vegetation and artificial structures, such as bridges and buildings, which can be interpreted in ortho image data
 - iii Whether a water surface polygon matches with the water surface in ortho image data and satisfies the data acquisition criteria or not
- 2 If it is difficult to verify quality of the filtering, a cross section display created by a compiler shall be used for the verification.
 - 3 2% of the whole data shall be verified.

Section 9 Creation of the Elevation Data

Article 40 Creation of the Elevation Data

The elevation data shall be created by interpolating from ground data.

<Article 40 – Enforcement Rule>

- i Elevation at the center of a grid created by dividing an area covered by a national base map sheet at 2m intervals both in the north-south and east-west directions shall be the elevation data of the grid.
- ii For a grid with no measurement point at its center, the elevation at the center shall be interpolated from data of the measurement points nearby.
- iii The TIN method shall be used to interpolate elevation.
- iv Elevation data shall be rounded to the nearest unit of 10 cm.

Article 41 Comparison with Control Points for Correction

Comparison with control points for correction refers to comparison between an elevation at a control point for correction and the elevation data.

<Article 41 – Enforcement Rule>

Selection of control points for the comparison and data comparison shall be implemented as follows:

- i More than half of the established control points for correction distributed as evenly as possible over a scan area shall be selected for the comparison.
- ii The elevation data of a measurement point nearest to a control point for correction shall be used in the comparison.
- iii The mean and standard deviation of the difference in the elevation in all the comparisons shall be calculated.
- iv Comparison results shall be compiled in Form 2-16, “Elevation Data Survey

Sheet.”

- v If the comparison has revealed a standard deviation of 30 cm or more, an investigation shall be carried out to identify the cause or causes of such a large standard deviation and an appropriate corrective measure, such as re-calculation, shall be taken.

Article 42 Assignment of Attribute Data

An attribute showing the condition of filtering of ground data used in the calculation or the condition of being a water surface shall be assigned to each point of the elevation data.

<Article 42 – Enforcement Rule>

Attribute data shall be created as follows.

- i Attribute data shall be created for an area for which the elevation data has been created.
- ii The data to be created is attribute data to the elevation data.
- iii An attribute value of an attribute data item shall be ‘true,’ if there is ground data in a grid for which the elevation data has been acquired, and ‘false,’ if there is no ground data in a grid as a result of the filtering or missing data. Data of areas with surface objects acquired through interpolation shall not be regarded as ground data. A grid whose center is located in a water surface polygon shall be regarded as a “water surface.”

Section 10 Creation of Digital Data Files

Article 43 Creation of Digital Data Files

Creation of digital data files is a process of recording various types of data on electromagnetic recording media.

<Article 43 – Enforcement Rule>

The digital data files for the following shall be created:

- i Original data
- ii Ground data
- iii Elevation data (CSV format)
- iv Water surface polygon data
- v Ortho image data
- vi Positional data file
- vii List of stored data

- 2 Attribute data shall be described in the elevation data (in CSV format).
- 3 The data formats provided in Form 2-18 shall be used.
- 4 Folder composition shall be as described in Form 2-19

Article 44 Verification

A compiler shall be used for the verification of created digital data files.

<Article 44 – Enforcement Rule>

The following shall be verified:

- i Quality of the data format and contents
- ii Presence/absence of data omission

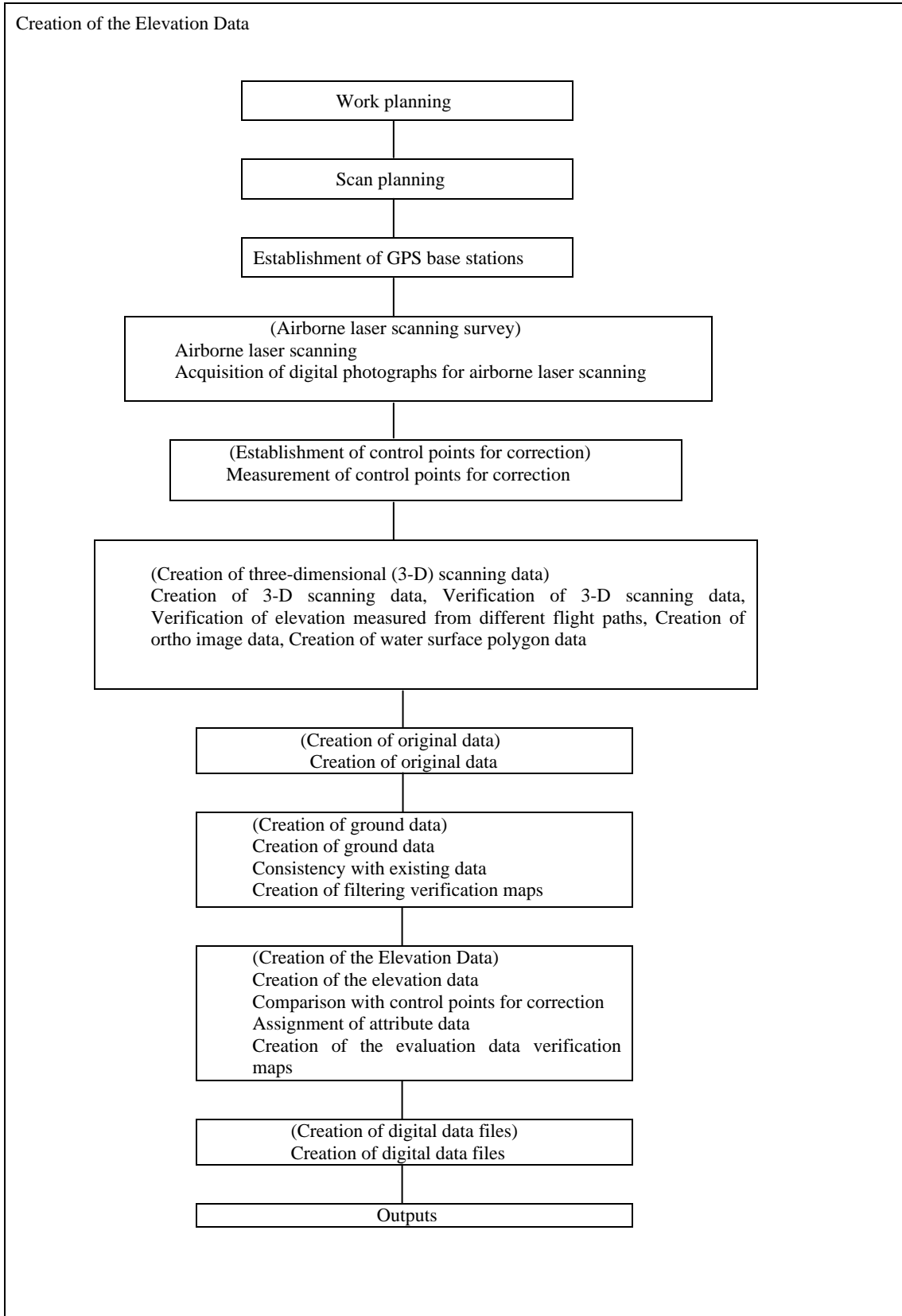
Section 11 Outputs

Article 45 Outputs

The following outputs shall be produced:

- i Digital data files
- ii Record of the work
- iii Other relevant documents

Appendix -1 Workflow



Appendix -2 Specification of Control Point Survey

(Type of Known station)

Type \ Order	1st Order Control Point survey	4th Order Control Point survey
Known Points	Electronic reference Station Triangulation station(1-4 order) 1st Control point	Electronic reference Station Triangulation station(1-4 order) Control point(1-3 order)
Distance between known points(m)	4,000	500
Distance between unknown points(m)	1,000	50

(Method of control points survey)

Type \ Order	1st Order Control Point survey	4th Order Control Point survey
Number of Known Points in a Traverse network	More than (2 + number of unknown points/5) Roundup decimals	More than 3
Number of sides in a unit polygon	less than 10	-
Number of sides in a route	less than 5	less than 10
Distance between nodal points	More than 250m	More than 20m
Route Length	Less than 3km	Less than 500m
Observation method	Static	Static
Observation time	More than 60 minutes (Distance < 10km)	More than 60 minutes
	More than 120 minutes (Distance > 10km)	
Data logging interval	Less than 30 second	Less than 30 second

(Equipment)

Equipment for GPS observation shall be 2nd order GPS receiver or high

(Tolerance)

Type \ Order	1st Order	4th Order	Remarks
Error of closure (Base line)	Horizontal(ΔN , ΔE)	20mm \sqrt{N}	N: number of sides ΔN : Horizontal Error of closure(north-south) ΔE : Horizontal Error of closure(east-west) ΔU : Vertical Error of closure
	Vertical(ΔU)	30mm \sqrt{N}	
Discrepancy of Duplicated Base line	Horizontal(ΔN , ΔE)	20mm	
	Vertical(ΔU)	30mm	

Appendix -3 Specification of Leveling

(Type of Known bench mark)

Order \ Items	3rd Order Leveling	4th Order Leveling
Known bench mark	1 st – 3 rd order Bench mark 1 st – 3 rd Level Bench mark	1 st – 3 rd order Bench mark 1 st – 4 th Level Bench mark
Distance between known bench marks (km)	50	50

(Method of Leveling)

Order \ Items	3rd Order Leveling	4th Order Leveling
Observation	Direct leveling(round trip)	Direct leveling(round trip)
Collimation Distance(m)	Less than 70	Less than 70
Reading unit(mm)	1	1

(Equipment)

Equipment for Leveling shall be 3rd order Level or high.

Staffs for Leveling shall be 2nd order Level or high.

(Tolerance)

Order \ Type	3rd Order	4th Order	Remarks
Discrepancy of Round trip observation value	10mm \sqrt{S}	20mm \sqrt{S}	S: Observation distance (one way, km)
Error of closure	10mm \sqrt{S}	20mm \sqrt{S}	
Error of closure Between known bench marks	15mm \sqrt{S}	25mm \sqrt{S}	

Inspection Record for Airborne Laser Scanning (Boresight Calibration)

Project Name		Inspected date	
Aircraft		Person in charge	
Pilot		Team Leader	
Base (Airport)			
Name of Calibration Site			
Name of Equipment			
Take-off Time		Commencement time	
Landing Time		Completion time	

Roll Calibration

Name of flight path	Ground speed <kts>	Flight height above the ground <Ft>	FOV <Degree>	Pulse Rate <Hz>	Scan Rate <Hz>	Angle of correction <Degree>	Remark

Pitch Calibration

Name of flight path	Ground speed <kts>	Flight height above the ground <Ft>	FOV <Degree>	Pulse Rate <Hz>	Scan Rate <Hz>	Angle of correction <Degree>	Remark

Horizontal scale calibration

Name of flight path	Ground speed <kts>	Flight height above the ground <Ft>	FOV <Degree>	Pulse Rate <Hz>	Scan Rate <Hz>	Angle of correction <Degree>	Remark

Height (measurement of distance) calibration

Name of flight path	Ground speed <kts>	Flight height above the ground <Ft>	FOV <Degree>	Pulse Rate <Hz>	Scan Rate <Hz>	Value of correction <cm>	Remark

Difference in elevation after the calibrations <cm>

Form 1-2 Record of Creation of Elevation Data with Airborne Laser Scanning Survey

Fiscal year of the survey	Area name	Duration of the work	Planning institution
		~	Geospatial Information Authority of Japan

Implementing institution		Chief engineer	
		Head of the work team	

Work process	Duration of work	Quantity	Unit	Comments	Condition	Implemented by	Verified by
Work planning			Set				
Establishment of GPS base stations			Station	Baseline vector distance Visibility at ground stations	Excellent / Good / Fair		
Airborne laser scanning			km ²	Time of scan Ground elevation Ground speed FOV Scan rate Pulse rate PDOP Proportion of measurement loss			
Acquisition of digital photographs for airborne laser scanning			km ²	Lens S/N ratio of lens Shutter speed Resolution			
Establishment of control points for correction			Point				
Creation of 3-D scanning data			Set				
Creation of original data			km ²	Amount of adjustment			
Creation of ground data			km ²				
Creation of the elevation data			km ²				
Creation of digital data files			km ²				
Compilation of outputs			Set				

Form 2-1 Flight Planning

Project Name		Implementing Company	
Flight Area		Team Leader	
Aircraft/System		Person in charge	
Item	Value of Parameter Setting	Remarks	
Flight hight above the ground			
Sea level Altitude			
Ground speed			
Number of flight paths			
Percentage of sidelap (%)			
Pulse rate			
Scan angle			
Number of scans			
Beam diameter			
Pulse mode			
Others			

*A flight path plan map shall be attached.

*Locations of the GPS base stations, etc. shall be clearly marked on the flight path plan map.

Form 2-2 Description of GPS Base Station

Point name			Operator	
Date of Observation			Person in Charge	
Address				
Coordinate System				
Coordinates(m)	X		MSL.Height(m)	
	Y		Ellipsoid Height(m)	
Coordinate	lat			
	lon			
Type of GPS Receiver			Analysis Software	
Rate of Observation	seconds		Positive angle of elevation More then	degree
Instrument Height	m		Duration	hr min
Horizontal location			Photo of Observation	

Form 2-3 Record of Airborne Laser Scanning

Project Name				
Aircraft			Flight date	
Pilot			Person in charge	
Base(Airport)	Elevation at Base		Team leader	
Datum Plane			Flight high above the ground	
Name of Flight Area			Weather Condition	
Name of Equipment			Airstream	
Take-off Time			Wind Direction	
Landing Time			Wind Speed	
G Temperature (T)	G-Temperrature(L)		Temperature	
<u>Details of Flight Record</u>				
Name of flight path	Start time	End Time	Remark	Flight Simplified Map

*Entry of flight path number may be omitted if scan was conducted continuously along adjacent flight paths. Entry is required for the time of commencement of the scan on the first flight path and the time of completion of the scan on the last flight path.
 *Entry of time of commencement and completion may be omitted for the other flight paths. Entry of drift angle may be omitted if it is not required

Form 2-4 Flight Operation Report of Aerial Laser Measurement

Area Name					Leader	
Base					Marker	
No.	Date	Weather		Aircraft	Contents of Operation	Remarks
		AM	PM			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

*The weather of a scan area shall be entered in the columns of the weather.

Form 2-6 Description of Control Points for Correction

Point name			Operator	
Date of Observation			Person in Charge	
Address				
Coordinate System				
Coordinates(m)	X		MSL.Height(m)	
	Y		Ellipsoid Height(m)	
Coordinate	lat			
	lon			
MSL.Height(m)			WLLIP.Height(m)	
Horizontal location			Photo of Observation	
Sketch				

Form 2-7 Distribution Map of Control Points for Correction and Verification:
Measurements Taken from Different Flight Paths

	Fiscal year of the work	Scan area	Implementing institution	Scanning flight path
C1	▽ C1			▽ C2
	○ T1-1	○ T1-2	○ T1-3	○ T1-4
C2	○ T2-1	○ T2-2	○ T2-3	○ T2-4
C3	○ T3-1	○ T3-2	○ T3-3	○ T3-4
				○ T3-5
C4	○ T4-1	○ T4-2	▽ C3	○ T4-3
				○ T4-4
C5	○ T5-1	○ T5-2	○ T5-3	○ T5-4
C6	○ T6-1	○ T6-2	○ T6-3	○ T6-4
C7	○ T7-1	○ T7-2	○ T7-3	○ T7-4
C8	▽ C4			▽ C5

Note: Either a 1/25,000 or 1/50,000 topographic map shall be used for creation of a distribution map.
A control point for correction and a location for verification of the difference shall be represented with a 4 mm equilateral triangle and a 2 mm-radius circle, respectively, with their names described next to the symbols.

Form 2-9 Control Point for Correction Survey Sheet

Name of work area							Implemented by			
No	Point name	Leveling result	Output of laser scanning	Difference from the result of leveling	No	Point name	Leveling result	Output of laser scanning	Difference from the result of leveling	
1					11					
2					12					
3					13					
4					14					
5					15					
6					16					
7					17					
8					18					
9					19					
10					20					

	Mean (m)	Standard deviation (m)	RMS error (m)	Maximum (m)	Minimum (m)	Maximum – Minimum	Number of data
Difference from the result of leveling for the entire scan area							

Form 2-11 An example of data entry in the form of the positional data file (word file) (with a pixel size of 0.5m)

File name : *****.tfw
 0.50 : Pixel size in the x-direction (x-scale)
 0.00 : Rotation about x-axis
 0.00 : Rotation about y-axis
 -0.50 : Pixel size in the y-direction (y-scale)
 -25999.75 : x-coordinate of the center of the upper left pixel
 -7500.25 : y-coordinate of the center of the upper left pixel

- Notes
- Each value shall be aligned to the left.
 - The x- and y- coordinates shall be those at the center of the upper left pixel (expressed in meters to the second decimal place).
 - The x- and y-coordinate axes shall not be of the geodetic coordinate system but shall be the ones replaced with the Cartesian coordinate axes.
 - Small case alphabetical characters and Arabic numerals shall be used in texts.
 - A title of a national base map sheet (*e.g.* 09je932) shall be used as “*****” in a filename.

Form 2-12 Survey Sheet for Calculation of Proportion of Measurement Loss

Name of work area				Implemented by			
				Head of the work team			
Map title	Proportion of measurement loss (%)	Map title	Proportion of measurement loss (%)	Map title	Proportion of measurement loss (%)	Map title	Proportion of measurement loss (%)
Mean of the entire area		Minimum		Maximum			

Form 2-14 Verification Result of Existing Data

Name of work area (A)				Implemented by		
Name of the adjacent area (B)				Head of the work team		
Title of map	Number of measurement points		Mean of the elevations at measurement points			
	Area A	Area B	Area A	Area B		
				Minimum (m)		
				Maximum (m)		
				Mean (m)		
				Standard deviation (m)		

Form 2-18 Data Formats

* notes The x- and y- coordinate axes shall be the Cartesian coordinate axes, instead of the geodetic coordinate axes.

Small case alphabetical characters and Arabic numerals shall be used in texts.

A title of a national base map sheet (*e.g.* 5036IV1634) shall be used in a file name.

Original data

Original data shall be recorded in a csv format in which id and x-, y- and z-coordinates of a measurement point and a pulse number (a number given to each of first, other and last pulses) are described in a single line. If there is a measurement point outside a scan area in a file, data of the point concerned shall not be recorded considering it as a point without data.

File name: *****_org.txt

File structure: ids are a series of numbers and each id appears only once in a file.

id1, x1, y1, z1, p1 x1, y1: Coordinates of a measurement point (expressed in meters to the second decimal place)

id2, x2, y2, z2, p2

: : : : : z1: Elevation (expressed in meters to the second decimal place)

idn, xn, yn, zn, pn

px: x is a pulse number

If a scanner which cannot acquire data of other pulses is used, two separate files, *****_f_org.txt for the first pulse and *****_l_org.txt for the last pulse, shall be created. The format for ground data shall be used for these files.

Ground data

Ground data shall be recorded in a csv format in which id and x-, y- and z-coordinates of a measurement point are described in a single line. If there is a measurement point outside a scan area in a file, data of the point concerned shall not be recorded considering it as a point without data.

File name: *****_grd.txt

File structure: Original data and ground data of a measurement point shall have the same id. Ids of measurement points whose ground data has been obtained through interpolation shall be given a series of numbers with “-“ attached and each id appears only once in a file.

id1, x1, y1, z1 x1, y1: Coordinates of a measurement point (expressed in
meters to the second decimal place)

id2, x2, y2, z2
: : : : z1: Elevation (expressed in meters to the second
idn, xn, yn, zn decimal place)

Elevation data (Grid data)

Elevation data shall be recorded in a csv format in which x-, y- and z-coordinates and an attribution code of a measurement point are described in a single line. If there is a measurement point outside a measurement area in a file, data of the point concerned shall not be recorded considering it as a point without data.

File name: *****_2g.txt

File structure: ids are a series of numbers given to respective grids in an ascending order starting from the upper left grid, moving to the right and then down and ending at the lower right grid. Each id appears only once in a file.

id1, x1, y1, z1, A1 x1, y1: Coordinates of a measurement point (expressed in
meters to the second decimal place)

id2, x2, y2, z2, A2
: : : : :
idn, xn, yn, zn, An z1: Elevation (expressed in meters to the second
decimal place)
A1: Attribute : TRUE =1, FALSE = 0

* Attribute ‘TRUE’ shall be given to a 2m-grid if there is ground data in the grid and attribute ‘FALSE’ shall be given to a 2m-grid if there is no ground data in the grid. Attribute values of 1, 0 shall be given to the data items when their attributes are ‘TRUE,’ ‘FALSE’ respectively. If the data is outside the range, it shall not be recorded, being considered as no data.

Water surface polygon data

A csv format in which coordinates of polygons are listed or the shape (polygon) format shall be used for water surface polygon data.

An example of a shape-format polygon data file is shown below.

Structure of a polygon file

File name: Water_poly.shp
File structure: A series of numbers shall be used as ids. Each id number appears only once in a file
id1 id1:A polygon label, id1, may be placed at any location in a polygon.
id2 id1:Integer 10 Column
.
idn

Locations of polygon labels of a polygon for a water surface, which has an island (hole) in it:

Polygon labels of a polygon of water surface with an island in it may be placed anywhere in the water surface except on the island (hole) polygon and polygon labels of the island (hole) polygon may be placed anywhere in the island polygon.

Polygon data of the water surface and that of an island (a hole) in it may not have to be placed consecutively in a file.

Cloud surface polygon data

A csv format in which coordinates of polygons are listed or the shape (polygon) format shall be used for Cloud surface polygon data.

An example of a Shape-format polygon data file is shown below.

Structure of a polygon file

File name: Cloud_poly.shp
File structure: A series of numbers shall be used as ids. Each id number appears only once in a file
id1 id1: A polygon label, id1, may be placed at any location in a polygon.
id2 id1:Integer 10 Column
.
Idn

Range contained in the cloud polygon, the data is not recorded.

Contur Line file

A csv format in which coordinates of polylines are listed or the shape (polyline) format shall be used for water surface polyline data.

An example of a Shape-format polyline data file is shown below.

Structure of a Line file

File name: *****_con.shp

File structure: A series of numbers shall be used as ids. Each id number appears only once in a file

id1,contour1,code1 id1: A line label, id1, may be placed at any location in a line.

id2,contour2,code2 contour1: Elevation of the contour value

• • •

idn,contourn,coden code1: Attribute : total curve =1, principal curve = 0

List of stored data

A list of 1:4,000 national base map sheets whose polygon data is stored on a recording media shall be indicated in single-byte alphanumeric characters (lower-case letters for alphabetic characters) and shall be stored in the said media as a file entitled "file_itiran.txt".

(Examples)

503641632

503641634

503641636

503641638

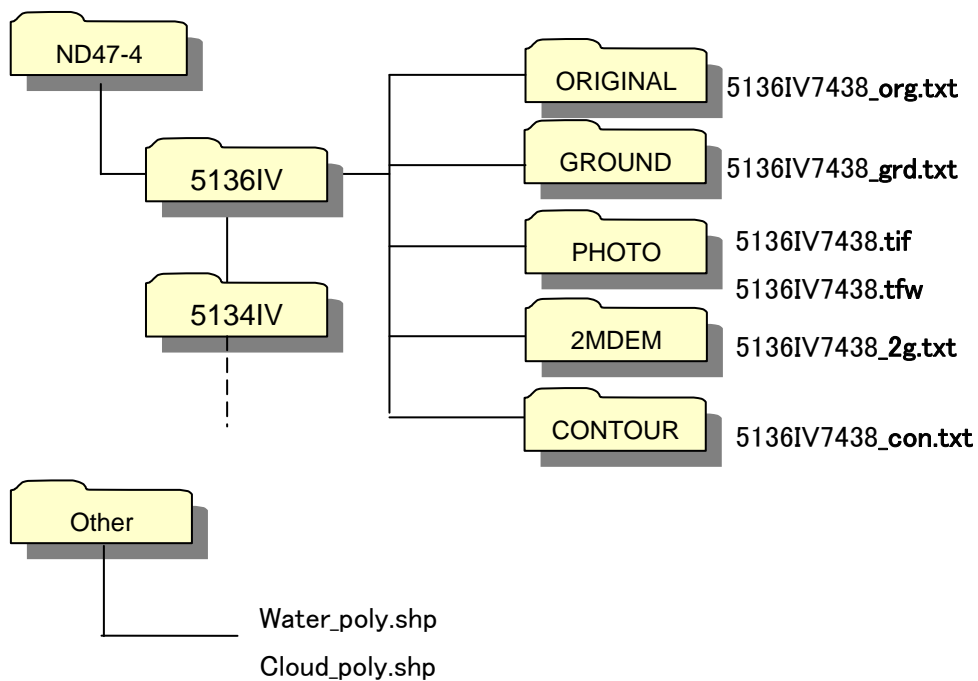
Form 2-19 Folder Structure

The structure of folders is shown below:

A folder “LIDAR_ND47-4” for each survey unit shall contain files of original data, ground data, contour data, ortho image data and elevation data (Grid data in csv format) of the unit. Each data of the same base map shall be stored in each media. Other folder shall be stored water polygon and cloud polygon.

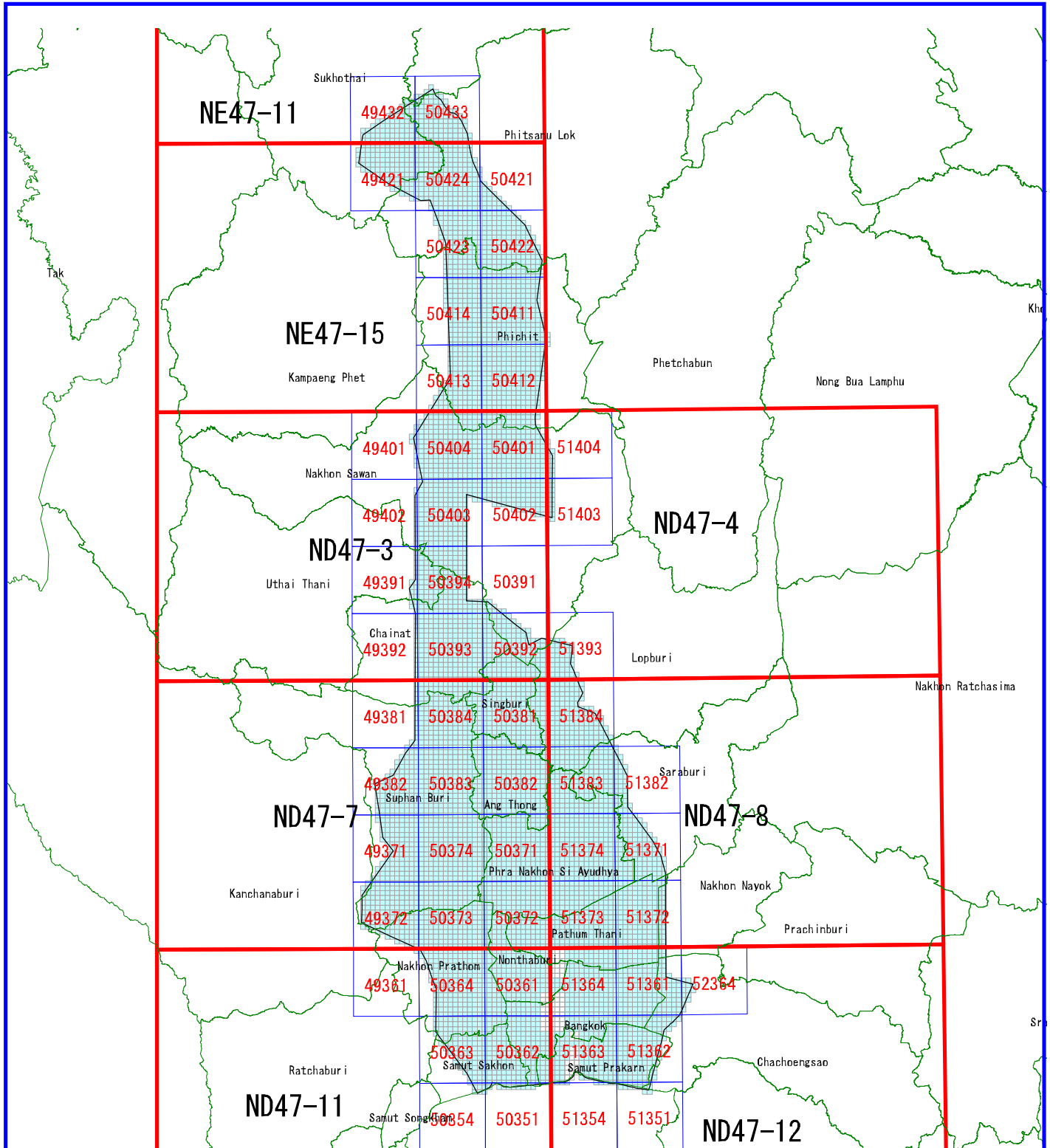
In addition, a list of names of files stored in each media shall be and created and stored.

The folder names shown below shall be used.



付録-4

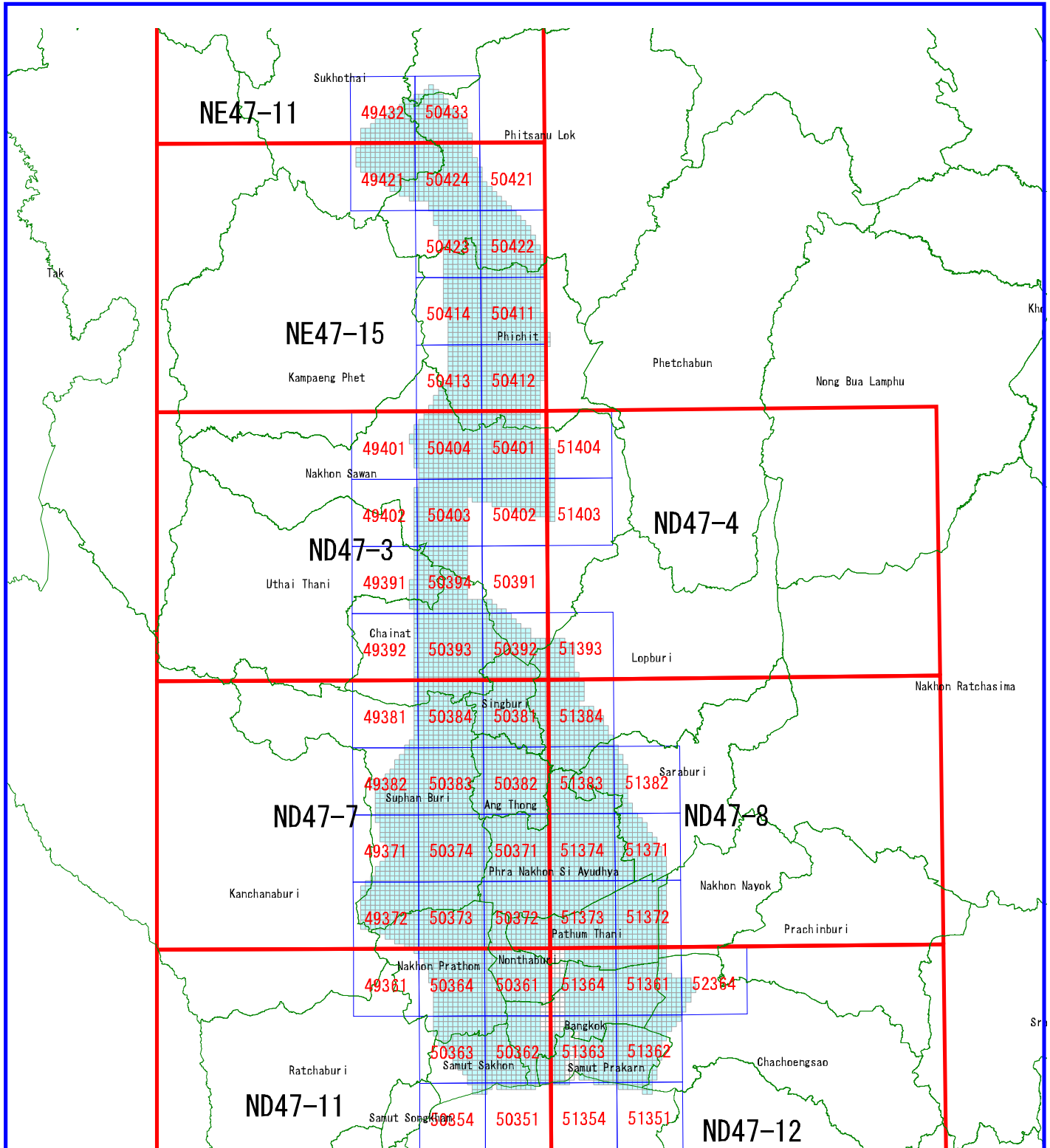
PROJECT FOR COMPREHENSIVE FLOOD MANAGEMENT PLAN
FOR THE CHAO PHRAYA RIVER BASIN



Number of sheet (6666sheets)

ORIGINAL DATA DELIVERY AREA
 GROUND DATA DELIVERY AREA
 GRID DATA DELIVERY AREA
 CONTOUR DATA DELIVERY AREA
 ORTHOPHOTO DATA DELIVERY AREA

22th August 2012



Number of sheet (6666sheets)